ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 NOVEMBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Augmentation remarquable par l'huile de la perméabilité du papier ordinaire à l'eau et aux solutions aqueuses.* Note de M. **HENRI DEVAUX**.

La Note récente de M. Wladislas Kopaczewski ([1]) étudie ce qui se passe quand du papier à filtrer, imbibé d'huile ou d'autres lipoïdes, est plongé dans une solution aqueuse. Elle montre que l'huile est déplacée par l'eau, formant peu à peu de fines gouttelettes, tandis que l'eau avec les substances qu'elle contient en solution monte dans les interstices du papier tout comme en l'absence d'un barrage lipidique. L'auteur en conclut qu'une couche de « matières grasses, cireuses ou résineuses ne constitue donc pas toujours un obstacle au passage des produits hydrosolubles, ce qui impose un changement dans nos conceptions concernant la perméabilité cellulaire et les divers phénomènes industriels : détersion, dégraissage, lubrification, etc. ».

Cette conclusion est exacte, mais elle ne fait que confirmer ce que j'ai établi, il y a 39 ans ([2]), d'une manière plus directe et plus frappante. L'ancienneté de mes recherches est sans doute la cause pour laquelle elles sont restées inconnues de M. Kopaczewski et, craignant qu'il en soit de même pour d'autres physiciens actuels, je crois devoir les rappeler et en souligner la portée.

Dès 1912 ([3]), j'ai conçu, et l'expérience m'a montré, que le papier à écrire ordinaire, qui est normalement mouillable mais non imbibable à l'eau ou à l'encre, subit un commencement manifeste d'imbibition dans tout endroit où il est taché par de l'huile. Si l'huile y est abondante, la pénétration est même une traversée et l'encre y fait une épaisse

---

([1]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 956.

([2]) *J. Phys. Rad.*, 5e série, **2**, 1912, p. 891.

([3]) *Actualités scientifiques*, **932**, 1942, p. 28.

tache noire, visible au verso. Et dans le cas où la tache est légère, l'encrage se montrant encore très manifeste, il est certain que toute tache huileuse du papier, loin d'être une barrière pour l'eau, ouvre au contraire la porte à celle-ci, à travers le vernis imperméable dont on a collé les fibres du papier, sans doute en solubilisant ce vernis.

J'ai même pu mettre à profit cette propriété remarquable des huiles sur le papier pour réaliser de véritables empreintes des lames épaisses données par une goutte d'huile déposée sur l'eau ou sur le mercure et surprises en pleine évolution. Par encrage, ces lames ainsi collées au papier sont des sortes de négatifs qu'on transforme, sur papier sensible, en positifs avec une précision telle qu'on les prendrait pour des photographies. Ce ne sont, en réalité, que des pseudophotographies et ce sont là les seules images que j'ai publiées dans mes Mémoires et mes Notes diverses depuis cette date de 1912.

Les expériences de Wladislas Kopaczewski ont toutefois une valeur positive que je tiens à signaler. Si elles montrent que l'imbibition du papier à filtre n'est nullement entravée par l'huile, ce qui n'a rien de surprenant depuis mes propres recherches, elles établissent que cela a lieu parce que l'eau a plus d'affinité pour le papier que l'huile elle-même, car elle chasse l'huile devant elle en la repoussant vers le haut ou la forçant à se rassembler en gouttelettes ([1]). Ces expériences montrent de plus que cette propriété n'est pas générale (je l'avais aussi constaté), certaines substances entravent au contraire l'imbibition par l'eau et cela à des degrés variés, ce qui entraîne des conséquences théoriques et pratiques.

Nous avons donc deux méthodes d'essai des variations de la perméabilité du papier à l'égard de l'eau, occasionnées par l'imprégnation préalable des substances huileuses ou autres :

1° une méthode applicable au papier à écrire, montrant nettement le commencement de la *pénétrabilité transverse* de ce papier, pouvant aller jusqu'à la traversée complète;

2° une méthode applicable au papier filtre, montrant qu'une couche huileuse fixée au papier, étant rompue par l'eau, n'empêche nullement une circulation des solutions aqueuses *dans le sens tangentiel* de ce corps poreux.

J'ai continué les expériences sur ce sujet et j'ai pu démontrer que, sous l'influence de l'huile et de certaines vapeurs, la perméabilité du papier ordinaire peut être tellement rétablie que ce papier devient tout à fait semblable à du papier à filtrer. C'est ce que j'espère faire connaître dans une prochaine publication.

([1]) J'ai reconnu le fait pour le verre mouillé d'huile et trempé dans l'eau (*Actualités scientifiques, loc. cit.*, p. 57).

PHYSIOLOGIE. — *Sur les manifestations respiratoires et circulatoires de l'urémie aiguë.* Note (*) de MM. **Léon Binet**, **Pierre Tanret** et Mlle **Madeleine Bochet**.

Nous avons constaté chez l'Homme l'existence d'une hyperventilation au cours de l'insuffisance rénale aiguë dans deux circonstances :

D'une part, durant les premiers jours de la maladie oligoanurique. Cette hyperventilation est contemporaine de la phase d'agression toxique ou infectieuse, et peut dépendre, en partie, de facteurs contingents : fièvre d'un syndrome infectieux, anémie aiguë d'un syndrome hémolytique. Puis le débit respiratoire diminue et passe par des valeurs inférieures à la normale (1).

D'autre part, plus tardivement, après le septième ou huitième jour d'une forme grave de la maladie. Tantôt c'est un redoublement de l'hyperventilation initiale; tantôt cette hyperventilation se développe secondairement, d'abord par paroxysmes, puis de façon continue (2). La ventilation peut se trouver doublée ou triplée par rapport à la normale. Cette augmentation du débit respiratoire est due, moins à l'accélération du rythme qu'à l'amplitude anormale des mouvements respiratoires. En même temps le malade éprouve de l'angoisse, des tintements d'oreille, de l'obnubilation intellectuelle. S'il est dans le coma, celui-ci s'approfondit. Signe précoce, les tensions artérielles, surtout la maxima, mais aussi la minima, s'élèvent de quelques centimètres de Hg. Puis, un collapsus circulatoire progressif s'installe; enfin, la respiration qui reste ample se ralentit et la mort survient par syncope, le plus souvent de type respiratoire. Cette évolution s'accompagne d'une chute progressive de la réserve alcaline qui peut tomber en dessous de 20 volumes. Par contre, le pH plasmatique reste longtemps normal ou subnormal. Le taux de CO_2 dans l'air expiré diminue. Il y a tendance à l'acapnie. L'abaissement du pH n'est, en général, observé qu'à la période terminale.

Il est des cas où l'hyperventilation reste discrète et où la mort succède à un collapsus circulatoire rapide.

Nos recherches expérimentales sur le Chien chloralosé ont pour but d'établir un rapport entre l'ascension rapide et préalable du taux de l'azotémie et l'éclosion secondaire de ces accidents.

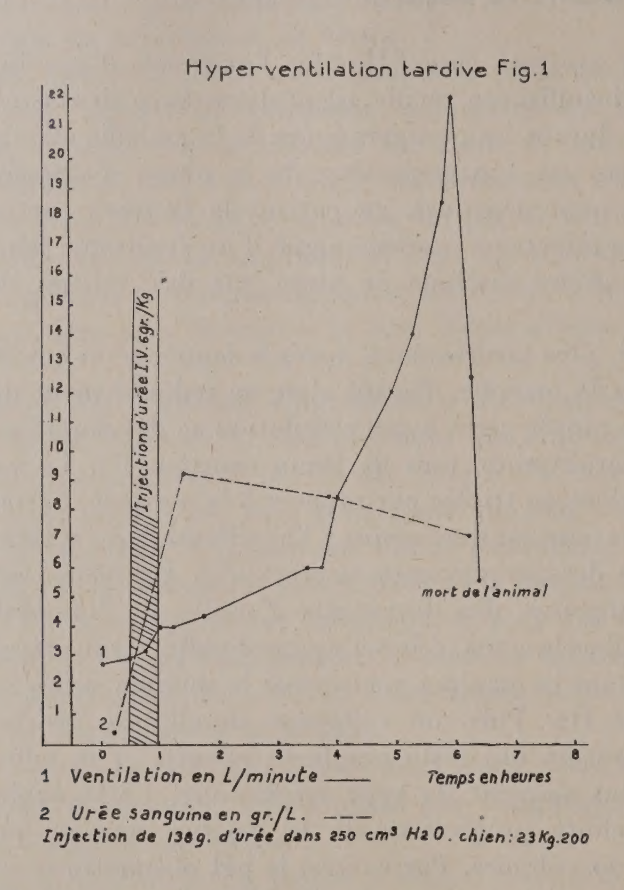
1. *L'injection* intraveineuse, en une heure, d'une dose d'urée égale

(*) Séance du 19 novembre 1951.

(1) L. Binet, P. Tanret, M. Bochet, Cl. Betourné et G. Barrès, *Bull. Mém. Soc. Méd. Hôp.*, Paris, 1951, p. 530.

(2) P. Tanret, *Semaine des Hôpitaux*, 25, 1945, p. 2613-2620.

à 6 g : kg de poids corporel, provoque souvent une légère augmentation du débit respiratoire. Puis tantôt celle-ci va en s'accentuant dans les heures qui suivent pour atteindre trois à cinq fois la valeur du débit initial, tantôt elle est transitoire, et c'est tardivement plusieurs heures

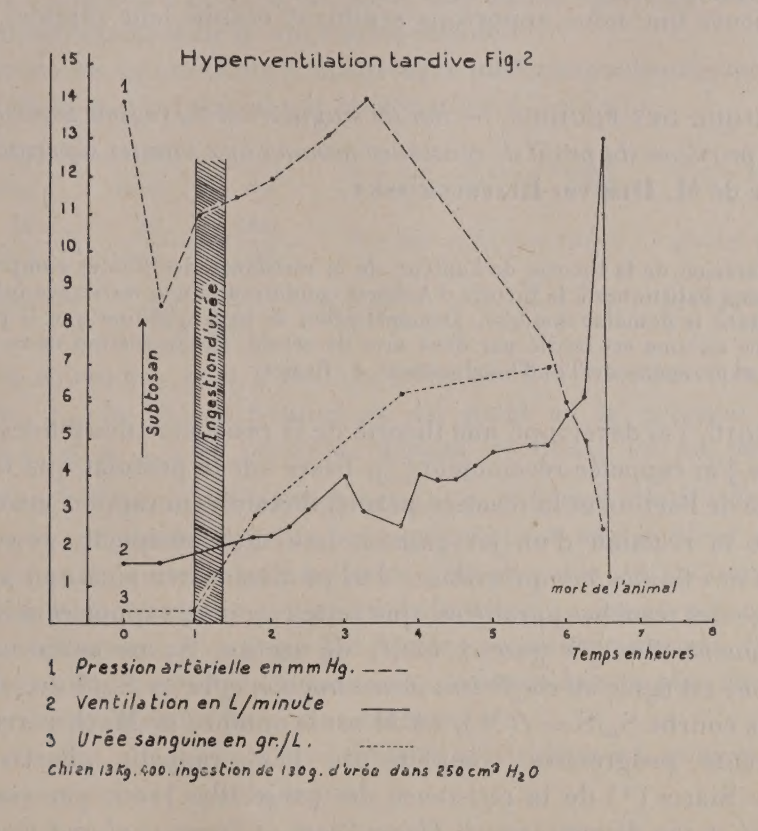


après l'injection que l'on voit survenir une brusque hyperventilation, qui peut décupler le débit respiratoire. Des types intermédiaires peuvent s'observer. D'autre part, avant que la ventilation n'ait atteint son maximum, on voit la tension artérielle fléchir. Un collapsus progressif se développe et la tension artérielle est déjà très basse lorsque la respiration se ralentit et que le débit respiratoire diminue. Ces derniers signes précèdent de peu la mort.

Parfois l'hyperventilation n'est qu'ébauchée et c'est de collapsus que meurt l'animal. La mort ne s'observe d'ailleurs que dans la moitié des cas; les sujets dont les reins éliminent beaucoup d'urée sont les plus résistants.

Ces injections de fortes doses d'urée provoquent toujours une hémolyse importante. Le rôle de ce phénomène est éliminé dans les expériences suivantes où l'hémolyse fait défaut, ou reste très légère.

2. *L'administration par voie gastrique* d'urée, à la dose de 10 g : kg, chez le Chien dont les uretères ont été liés, amène à peu près constamment la mort en moins de 10 h. On assiste d'abord souvent à une augmentation discrète de la ventilation, qui tantôt va en s'intensifiant ensuite progressivement, ou qui tantôt, après être restée stationnaire, s'amplifie tardivement et brusquement pour atteindre une valeur cinq à huit fois



plus forte qu'au début de l'expérience sans que l'animal ne donne de signes de réveil. Avant que la ventilation n'ait atteint son maximum, la tension artérielle commence à fléchir et cette tension est déjà très basse lorsque, enfin, la respiration se ralentit, ce qui précède de peu la mort. Celle-ci est souvent presque subite. Il est des cas où l'hyperventilation reste discrète et où le collapsus circulatoire est le fait dominant.

Au cours de ces deux séries d'expériences, si comparables quant à leurs résultats, l'hyperventilation s'accompagne d'une chute de la réserve alcaline qui peut tomber en dessous de 10 volumes. Le pH reste longtemps normal et ne fléchit inconstamment qu'à la période finale. Dans l'air expiré, la concentration en CO_2 diminue progressivement.

Il existe donc des similitudes entre les observations cliniques et expérimentales. Les graves perturbations respiratoires et circulatoires, dans les

unes et les autres, ne suivent pas immédiatement la plus rapide ascension de l'azotémie, comme s'il fallait souvent un certain temps de latence pour qu'elles apparaissent. Sans dépendre d'un taux fixe de l'urée sanguine, elles présentent des analogies dans leur aspect, leur évolution, leur association. Si le mécanisme qui relie l'ascension préalable du taux de l'urée dans l'organisme à l'éclosion de ces accidents n'est pas encore élucidé, les arguments que nous apportons semblent établir leur rapport.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les singularités du régime transsonique et le problème du profil de résistance minima aux vitesses supersoniques.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Comparaison de la théorie de l'auteur de la résistance des fluides compressibles aux vitesses balistiques à la théorie d'Ackeret conduisant à une résistance infiniment grande dans le domaine sonique. Démonstration de la proposition que le profil de résistance minima est limité par deux arcs de cercle. Confrontation de ce résultat avec les expériences de Th. Theodorsen et A. Regier.

1. En 1916, j'ai développé une théorie de la résistance des fluides compressibles, que j'ai rappelée récemment (¹), basée sur le postulat que le principe de l'égalité de l'action et la réaction permet d'établir un rapport étroit entre la théorie de la réaction d'un jet gazeux, issu d'un récipient, et celle de la résistance des fluides compressibles. J'ai pu démontrer ainsi, en appliquant l'hypothèse des tranches parallèles, que cette réaction, rapportée à la quantité de mouvement d'un jet gazeux fictif, de section S, ne subissant aucune contraction, est égale au *coefficient de contraction effective* S_m/S du jet et que le tracé de la courbe $S_m/S = f(M)$, où M est le nombre de Mach correspondant à la détente progressive complète du gaz, rappelle effectivement la courbe de Siacci (²) de la résistance des projectiles [*voir*, par exemple, les figures 154 et 159 de mon travail *Thirty Years of Theoretical and Experimental Research in Fluid Mechanics* (³)]. Dans un travail plus récent (⁴), j'ai constaté que, dans certains cas et d'une façon approximative, on peut passer de la courbe de résistance $C_D = \Phi(M)$ d'un corps de révolution, dont l'axe coïncide avec sa vitesse, à la courbe correspondante d'un cylindre de même section droite, en posant $C_D = a\Phi(bM)$, où les paramètres a et b sont > 1.

2. On est redevable à J. Ackeret (⁵) d'avoir attiré l'attention sur une singularité remarquable, semblant justifier la légende du *mur sonique*, notamment

(¹) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1049.

(²) *Encyclopédie des sciences mathématiques*, 4, vol. 6, p. 17.

(³) *J. Royal Aeron. Soc.*, 39, London, 1935, p. 399-403.

(⁴) *Reissner Anniversary Volume*, Ann Arbor, Michigan, 1949, p. 86.

(⁵) *Helvetia Physica Acta*, 1, (5), 1928, p. 301-322.

que la théorie de la résistance des fluides compressibles conduit, *en première approximation*, à une résistance infiniment grande lorsque le nombre de Mach $M = 1$. G. I. Taylor ([6]) et Th. Theodorsen-A. Regier ([7]) ont constaté que la théorie d'Ackeret est conforme à l'expérience pour les valeurs de $M > 1{,}5$.

Nous discuterons cette singularité en appliquant un raisonnement permettant de mettre en évidence que la solution d'Ackeret est une solution particulière exceptionnelle et qu'il en existe une autre, également de première approximation, exempte de la singularité susdite.

Considérons les mouvements plans presque uniformes subsoniques et supersoniques définis respectivement par les équations (1) et (2) :

$$(1)\quad \frac{\partial\theta}{\partial\varphi_1} = \frac{\partial a\varepsilon}{\partial a\psi_1},\qquad \frac{\partial\theta}{\partial a\psi_1} = -\frac{\partial a\varepsilon}{\partial\varphi_1},\qquad \theta + ia\varepsilon = f_1(\varphi_1 + ia\psi_1),\qquad i^2 = -1,$$

$$(2)\quad \frac{\partial\theta}{\partial\varphi_1} = \frac{\partial a\varepsilon}{\partial a\psi_1},\qquad \frac{\partial\theta}{\partial a\psi_1} = \frac{\partial a\varepsilon}{\partial\varphi_1},\qquad \theta + ja\varepsilon = f_2(\varphi_1 + ja\psi_1),\qquad j^2 = +1,$$

$$(3)\quad a^2 = |M^2 - 1|,\qquad \varphi_1 = \frac{\varphi}{hq_1},\qquad \psi_1 = \frac{\psi}{hq_1},\qquad \varepsilon = \frac{q - q_1}{q_1},\qquad p = p_1 - \rho_1 q_0^2\varepsilon.$$

Dans ces équations, φ et ψ sont le potentiel des vitesses et la fonction de courant, q_1, la vitesse relative en un point où la pression est p_1 et la densité ρ_1 et p, ρ, q la pression, densité et vitesse en un point quelconque. L'angle θ formé par les vecteurs $\vec{q}$ et $\vec{q}_1$ et l'écart relatif ε de la vitesse sont supposés suffisamment petits pour qu'on puisse négliger leur carré. Les équations (1) sont équivalentes à celles de Tchaplyguine ([8]), sauf que j'ai pris comme densité de référence ρ_1 au lieu de la densité ρ_0 en un point de vitesse nulle. Dans les équations (2), que j'ai démontrées antérieurement ([8]), les deux familles de courbes $\theta = \text{const.}$, $a\varepsilon = \text{const.}$, forment dans le plan des variables φ_1, $a\psi_1$ un réseau *hyperboliquement orthogonal*.

Les fonctions f_1, f_2 pouvant être choisies arbitrairement, nous pouvons les prendre respectivement sous la forme

$$(4)\qquad \theta + ia\varepsilon = f_1(\varphi_1 + ia\psi_1) = A_1(1 - iC_1)(f_{11} + if_{12}),$$

$$(5)\qquad \theta + ja\varepsilon = f_2(\varphi_1 + ja\psi_1) = A_2(1 - jC_2)(f_{21} + jf_{22}),$$

où A_1, C_1, A_2, C_2 sont des constantes réelles et f_{11}, f_{12}, f_{21}, f_{22} des fonctions de φ_1 et $a\psi_1$. Notons que f_{12} et f_{22} sont nécessairement des fonctions impaires de $a\psi_1$ qui, par conséquent, s'annulent en même temps que ψ_1. En égalant dans (4) et (5) les parties réelles et les coefficients de i et j, il vient

$$(6)\qquad \theta = A_1(f_{11} + C_1 f_{12}),\qquad a\varepsilon = A_1(-C_1 f_{11} + f_{12}),\qquad M < 1,$$

$$(7)\qquad \theta = A_2(f_{21} - C_2 f_{22}),\qquad a\varepsilon = A_2(-C_2 f_{21} + f_{22}),\qquad M > 1.$$

([6]) *R. a. M.*, n° 1467, British N. R. C., 1932.

([7]) *National Adv. Comm. f. Aeronautics*, Rep. 793, Washington, 1944, p. 11-13.

([8]) D. Riabouchinsky, *Publ. Sc. et Techn. du Ministère de l'Air*, 108, 1937, p. 12, 42 et 85.

Supposons que (4) et (5) déterminent le mouvement d'un fluide compressible autour d'un corps P limité par un contour Σ symétrique par rapport à l'axe Ox et la vitesse q_1. Sur le contour Σ, on peut poser $\psi_1 = 0$ et, par conséquent, $f_{12} = 0$, $f_{22} = 0$. Dans les mouvements subsoniques d'un fluide *parfait*, en l'absence d'une formation d'ondes, la résistance exercée sur le corps ne peut qu'être nulle et, par conséquent, ε doit pouvoir être exprimé comme fonction paire de φ, et ne dépendre que de la valeur absolue de θ. Notons aussi que, vu la petitesse de θ, on peut poser $\theta = \operatorname{tg}\theta = dy/dx$. Il résulte de ces remarques et des équations (6) et (7) que

$$\varepsilon = \frac{p - p_1}{\rho_1 q_1^2} = -\frac{C_1}{a}\left|\frac{dy}{dx}\right|, \qquad M < 1; \qquad \varepsilon = \frac{p - p_1}{\rho_1 q_1^2} = -\frac{C_2}{a}\frac{dy}{dx}, \qquad M > 1,$$

La résistance ondulatoire R_D sera nulle si $M < 1$ et doit être calculée, si $M > 1$, d'après l'équation

$$(8) \qquad R_D = \int_{-l}^{l} 2(p - p_1)\frac{dy}{dx}\,dx = 2\rho_1 q_1^2 \frac{C_2}{a}\int_{-l}^{l}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx, \qquad V_0 = \int_{-l}^{l} y\,dx.$$

La première des équations (8) ne diffère de l'équation d'Ackeret que par la présence du paramètre $C_2 \neq 1$, et il suffit de poser $C_2 = a f(a)$, où $f(0) \neq \infty$, pour éliminer la singularité qu'il a signalée Au point $M = 1$, la courbe des résistances peut subir une discontinuité, mais ne devient pas infinie. Dans les fluides réels, les frottements et l'apparition sur Σ de vitesses supersoniques locales, détermineront au voisinage du point $M = 1$ un accroissement plus ou moins rapide de la résistance, mais non pas discontinu ([9]).

3. En admettant que C_2/a n'est fonction que de M, appliquons les équations (8) à la définition du profil du corps cylindrique de résistance minima pour une valeur donnée V_0 de l'aire du profil. Le problème est ainsi ramené à la recherche de la valeur minima de l'intégrale

$$I = \int_{-l_2}^{l_2} f(x, y, y')\,dx = \int_{-l_1}^{l_1}\left[\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 + \lambda y\right] dx,$$

où λ est un paramètre et la fonction extrémale $y = f(x)$ doit satisfaire aux conditions $f(l_1) = 0$, $f(-l_1) = 0$. En appliquant la formule d'Euler, et en désignant $2l_2$ la section médiane du profil, on obtient comme équation du profil du cylindre de résistance minima et comme coefficient unitaire de sa résistance ondulatoire respectivement

$$(9) \qquad \frac{y}{l_2} = \pm\left(1 - \frac{x^2}{l_1^2}\right), \qquad C_D = \frac{R_D}{\frac{1}{2}\rho q_1^2 (2l_2)} = \frac{16}{3}\frac{l_2}{l_1}\frac{C_2}{a}.$$

([9]) *Bull. de l'Inst. Aérod. de Koutchino*, 6, Paris, 1920, p. 40-45; *Mémorial de l'Artillerie française*, 2, 1923, p. 710.

La première des équations (9) fait voir que ce profil est limité par deux arcs de paraboles symétriques par rapport aux axes de coordonnées et, comme le rapport $l_2 : l_1$ est très petit, en raison de la condition que le mouvement est presque uniforme, on peut aussi dire que le profil de résistance ondulatoire minime est limité par deux arcs de cercles ([8]).



Ce résultat est pleinement confirmé par les expériences de Theodorsen et Rigier, qui ont mesuré le couple résistant d'*hélices* à pas nul, dont les profils sont indiqués dans la figure ci-dessus. Le couple maximum du profil 1 étant pris comme unité, ceux des profils 2 et 3 sont respectivement 1,32 et 1,57. En posant dans la deuxième des équations (9), $16 l_2 = 3 l_1$, on constate que la fonction C_2/a se confond avec la fonction $\Phi(M)$ mentionnée plus haut dans la section ([1]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *La stéréoisomérie cyclohexanique reste une fois encore compatible avec une représentation plane de ce cycle.* Note (*) de MM. **Raymond Cornubert** et **Claude Kaziz.**

Un éventuel stéréoisomère surnuméraire n'est qu'une forme cristalline.

Dans une précédente Note ([1]) l'un de nous et M. René André ont annoncé que la réduction au nickel de Raney des combinaisons dibenzylidéniques (I), F 94°, 110° et 124° de la cétone (II) sous sa forme *cis*, conduit aux cétones (III) dont ils ont isolé quatre formes, les corps, F 66,75° (d'oxime F 138°) et 107° étant des cétones, le corps, F 90° paraissant seulement être une cétone. Ils se sont naturellement demandé si la substance de formule (III) connaissait un stéréoisomère surnuméraire et cette substance n'aurait alors plus obéi aux prévisions déduites de la représentation plane du noyau cyclohexanique. Nous allons décrire ici les expériences que nous avons réalisées à ce sujet.

L'hydrogénation des trois combinaisons dibenzylidéniques (I) au nickel de Raney à froid conduit aux cétones, F 66,79° (précédemment F 75°) et 107° sans trace du corps, F 90°, mais à côté d'huiles et de mélanges de cristaux à bas point de fusion. L'oximation de ces huiles et de ces mélanges permet d'obtenir l'oxime, F 138° (les autres isomères ne donnent pas d'oxime) et de cette dernière

(*) Séance du 12 novembre 1951.

([1]) R. Cornubert et R. André, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 397.

on parvient à la cétone, F 79° pure. De ces trois cétones seul le corps, F 107° se transpose pour 20 % en la cétone, F 79° sous l'influence des réactifs habituels (acide chlorhydrique, éthylate de sodium, soude), mais en faisant appel à une concentration de réactif supérieure à celle employée précédemment.

CH_3— —CH_3
C_6H_5—CH= =CH—C_6H_5
CO
(I)

CH_3— —CH_3
CO
(II)

CH_3— —CH_3
C_6H_5—CH_2— —CH_2—C_6H_5
CO
(III)

CH_3— —CH_3
CO
(IV)

La cétone, F 107°, par le nickel de Raney C 20.1 ([2]) à 65-70° a conduit à l'alcool, F 87° (de dinitrobenzoate F 151°) dont l'oxydation chromique a redonné la cétone, F 107°, mais dans un deuxième essai, le même type de catalyseur a fait isoler les alcools, F 88° (de dinitrobenzoate, F 154°) dont l'oxydation chromique a conduit à la cétone, F 79°, à côté d'un alcool, F 101° (ne donnant pas de dinitrobenzoate) et qui n'a pu être soumis à réoxydation par manque de matière première; les huiles résiduaires ont engendré un mélange des cétones, F 79° et 107°. L'isopropylate d'aluminium a converti la cétone, F 107° en l'alcool, F 87° tandis que le sodium et l'alcool absolu ont fourni l'alcool, F 88° à côté d'huiles dont l'oxydation a donné un mélange des cétones, F 79 et 107°. Il y a donc transposition partielle ou totale de la cétone, F 107° en la cétone, F 79° au cours de ces réductions.

La cétone, F 79°, réduite par le nickel de Raney C 20.1 à 65-70°, ainsi que par l'isopropylate d'aluminium, donne d'ailleurs un mélange des précédents alcools, F 88° et 101°; par le sodium et l'alcool absolu elle fournit également l'alcool, F 88° à côté d'huiles. Enfin cette cétone F 79°, par les précédents réactifs transposants, se convertit très difficilement en une petite quantité d'un isomère qui pourrait être l'isomère, F 107°.

Quant à la cétone, F 66°, sa réduction par le sodium et l'alcool absolu ou l'éther humide, donne une huile dont l'oxydation n'engendre que la cétone initiale. Par contre la réduction par le nickel de Raney C 20.1 à 65-70° ou par l'isopropylate d'aluminium fournit un mélange, F 52-57° à côté d'huiles; ce mélange et ces huiles, sont constitués par un alcool, F 67-68° (de dinitrobenzoate, F 130°), et par un alcool, F 83,5-84°,5 (qui ne donne pas de dinitroben-

---

([2]) Catalyseur issu de l'alliage AN 20 (à 20 % de nickel) lavé une fois à l'eau.

zoate). Par réoxydation, le mélange, F 52-57° engendre de 15 à 25 % de cétone, F 86-87° à côté de la cétone, F 66°; de plus l'alcool, F 67-68°, par oxydation, conduit à une cétone, F 86-87° (Rdt 70 %) à côté de la cétone, F 66°, la cétone, F 86-87° étant identique à la cétone, F 90° précédemment citée. Les huiles formées à côté de ce mélange d'alcools, F 52-57° contiennent également l'alcool, F 67-68°; leur oxydation chromique fournit un mélange des cétones, F 86-87 et 66°.

Cette cétone, F 86-87° se transpose totalement en la cétone, F 66° sous l'influence de l'éthylate de sodium à froid. Par l'isopropylate d'aluminium elle est convertie en un mélange d'alcools, F 57-61° contenant l'alcool, F 67-68°, mélange de même type que le précédent mélange, F 52-57° provenant de la cétone, F 66°. L'oxydation chromique de ce mélange, F 57-61° engendre un mélange des cétones, F 86-87° (Rdt 65 %) et F 66° (il se forme aussi des huiles). De plus le mélange des substances, F 66 et 86-87° ne connaît pas d'abaissement de point du fusion, alors que les diverses cétones mélangées deux à deux, voient au contraire leur point de fusion s'abaisser par épreuve de mélange. Enfin la cétone, F 66° n'est pas un mélange des cétones, F 86-87° et 79° pas plus qu'un mélange des cétones, F 86-87 et 107°.

Il résulte de ce qui précède que la cétone, F 86-87° (ex.-90°) est une forme cristalline de la cétone, F 66° et il n'existe que trois stéréoisomères de la cétone III (*cis* quant aux groupes méthyle), conformément à ce qu'on peut attendre de la représentation plane du noyau cyclohexanique. Nous considérons par suite actuellement que cette cétone, F 86-87° n'est pas un stéréoisomère individualisé, car la cétone, F 66° est rigoureusement intransposable et tout spécialement n'est pas transposable en la cétone, F 86-87° par l'éthylate de sodium. Elle ne peut donc *a priori* se transposer sous l'influence de l'isopropylate d'aluminium.

De plus, dans une autre Note (³), il a été indiqué qu'il n'avait jamais été possible d'isoler autre chose que la forme *cis* de la cétone II. De nouveaux essais ont été entrepris depuis cette date, et il ne nous a encore pas été possible de soupçonner l'existence de la cétone II *trans*. Ces nouvelles techniques ont consisté : 1° dans la réduction catalytique de la cyclohexénone IV par le nickel de Raney sous pression et à haute température; 2° dans la réduction électrolytique de la liaison double de cette cétone IV; 3° en la transformation de la cyclohexénone IV en les cyclohexénols correspondants qui ont été réduits en cyclohexanols qui furent oxydés en la cyclohexanone II. Dans tous ces essais nous n'avons rencontré que la forme *cis* de la cétone II.

(³) R. Cornubert, R. André et P. Hartmann, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1505.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Physique générale, en remplacement de M. *Aimé Cotton*, décédé.

Le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour.	2e tour.	3e tour.
Nombre de votants......	70.	69.	69.
	Nombre de suffrages		
M. Eugène Darmois...........	22	30	34
M. Francis Perrin............	22	31	31
Mme Irène Joliot-Curie.........	14	7	4
M. Jean Lecomte.............	5	–	–
M. Pierre Vernotte...........	4	–	–
M. Pierre Auger.............	2	–	–
M. Alfred Kastler............	1	–	–
M. René Lucas..............	–	1	–

Aucun candidat n'ayant obtenu la majorité absolue, il est procédé, conformément au règlement, entre les deux candidats qui n'en ont point deux autres supérieurs en suffrages, MM. Eugène Darmois et Francis Perrin, au scrutin de ballottage qui donne les résultats suivants, le nombre des votants étant 70 :

	Nombre de suffrages
M. Eugène Darmois............................	37
M. Francis Perrin............................	31
Bulletins blancs..............................	2

M. **Eugène Darmois** ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

PLIS CACHETÉS.

M. **F. Péronnie** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 21 mai 1951 et enregistré sous le nº 12.835.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Explication de la différence entre le jour sidéral et le jour solaire.*

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The Oranur Experiment. First Report* (1947-1951), by Wilhelm Reich.

2° Rafael Rucki. *Zasady i metoda projektowania mechanizacji budowy* (*Principes et méthode de mécanisation du chantier*).

3° Aleksander Dyzewski. *Doktryna pracy rownomiernej w realizacji budowlanej.*

4° *Journal of the Osaka Institute of science and technology* (Kinki University). Vol. 1, nos 1, 2; Vol. 2, nos 1, 2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Automorphismes des variétés fibrées analytiques complexes.* Note (*) de M. **André Blanchard**, présentée par M. Jacques Hadamard.

S. Bochner et D. Montgomery ont montré que le groupe des automorphismes d'une variété analytique complexe compacte est un groupe de Lie (1). L'objet de cette Note est d'étudier ce groupe dans le cas où la variété possède une structure de variété fibrée analytique complexe.

1. *Espace fibré analytique complexe.* — E, B et F étant des variétés analytiques complexes, E est un espace fibré analytique complexe de base B, de fibre F s'il y a une application p de E sur B, un recouvrement par des ouverts U_i de B, et des isomorphismes analytiques complexes φ_i de $p^{-1}(U_i)$ sur $U_i\times F$ tel que $\varphi_j.\varphi_i^{-1}$ soit un automorphisme analytique de $(U_i\cap U_j)\times F$, de la forme $(u, f)\to(u, \varphi_{ij}(u, f))$.

2. *Automorphismes d'un espace fibré analytique complexe compact.* — On peut supposer les U_i assez petits pour être isomorphes à des domaines bornés de C^n; d'autre part, il existe un recouvrement par des ouverts V_i tels que $\overline{V}_i\subset U_i$. On sait que l'ensemble des automorphismes s de E tels que $s(p^{-1}(V_i))\subset p^{-1}(U_i)$ forme un voisinage de l'identité dans le groupe A(E) des automorphismes analytiques de E. Soit s un tel automorphisme et F une fibre quelconque de E; $p(F)$ appartient à une carte V_i, d'où $p(s(F))\subset U_i$, mais F étant compacte et U_i un domaine borné de C^n, l'image $p(s(F))$ est réduite à un point, c'est-à-dire que $s(F)$ est une fibre de E. Les automorphismes assez voisins

(*) Séance du 19 novembre 1951.

(1) S. Bochner et D. Montgomery, *Ann. math.*, 47, 1946, p. 639-653. *Voir* aussi : H. Cartan, *Act. Scient. et Ind.*, 198, Paris, 1935.

de l'identité respectent donc la structure d'espace fibré analytique complexe. Ceci s'étend à la composante connexe de l'identité $A^0(E)$. D'où :

Théorème 1. — *Si* E *est un espace fibré analytique complexe compact, les automorphismes appartenant à la composante connexe de l'identité dans le groupe des automorphismes de la structure analytique complexe de* E *respectent la structure d'espace fibré analytique complexe de* E. *D'où un homomorphisme canonique* : $A^0(E) \to A^0(B)$.

Application au cas d'un produit. — Le produit $B \times F$ étant considéré comme fibré de deux manières évidentes, on voit que l'on a un *isomorphisme* canonique de $A^0(B \times F)$ *sur* $A^0(B) \times A^0(F)$.

3. *Espaces fibrés principaux.* — E est un espace fibré principal si la fibre est un groupe G et si les $\varphi_j . \varphi_i^{-1}$ sont de la forme $(u, g) \to (u, \varphi_{ij}(u).g)$; G opère à droite dans E.

Si l'on suppose E compact, G est nécessairement un tore T, quotient de C^n par un groupe g discret à $2n$ générateurs. Soit U_i une carte locale de B, identifions $p^{-1}(U_i)$ à $U_i \times T$. Ceci définit une application des fibres $p^{-1}(u)$ sur T pour tout u de U_i. Si $u_0 \in U_i$, et si s est un automorphisme de E qu'on peut joindre à l'identité dans A(E) par des s_t tels que $s_t(u_0) \in U_i$, s définit dans la fibre type T un automorphisme de la structure analytique de T appartenant à $A^0(T)$; c'est donc une translation de T. D'où :

Théorème 2. — *Si* E *est un espace fibré-analytique complexe principal compact, de base* B, *de fibre un tore complexe* T, *les automorphismes analytiques de* E *appartenant à la composante connexe de l'identité respectent la structure d'espace fibré principal de* E.

4. *Noyau de l'homomorphisme* $A^0(E) \to A^0(B)$ [2]. — L'hypothèse est la même que dans le théorème 2. Soit s un automorphisme de E dont l'image est l'automorphisme identique de B; s est dans chaque fibre une translation fonction analytique de la projection de la fibre. Le noyau cherché N est donc isomorphe au groupe des applications analytiques de B dans T; les applications constantes forment un sous-groupe de N isormorphe à T, qu'on peut désigner aussi par T. Le groupe N/T est discret. En effet l'application $B \to T$ induit un homomorphisme h du groupe de Poincaré de B dans Z^{2n}, les applications telles que $h = 0$ se remontent dans C^n, donc sont constantes B étant compact. En particulier ce sera le cas si le premier nombre de Betti de B est nul.

Théorème 3. — *Dans les hypothèses du théorème* 2, *le noyau de l'homomorphisme* $A^0(E) \to A^0(B)$ *est une extension de* T *par un groupe discret; ce dernier est réduit à un élément si le premier nombre de Betti de* B *est nul.*

---

[2] Un résultat sur l'image de cet homomorphisme sera donné dans une Note ultérieure.

Applications. — Une variété de Hopf [3] est une variété quotient de $C^n-(O)$ par le groupe G_λ des homothéties de la forme $\exp 2\pi i N\lambda$, où λ n'est pas réel. (N entier quelconque.) Le groupe C^*/G_λ (où C^* désigne le groupe des homothéties de rapport $\neq 0$) opère dans cette variété $H_{n,\lambda}$ et y définit une structure d'espace fibré-analytique principal; la fibre est le tore T de périodes $2\pi i$ et $2\pi i\lambda$, et la base est l'espace projectif complexe $P_{n-1}(C)$. Le groupe $GLn(C)/G_\lambda$, où $GLn(C)$ désigne le groupe linéaire complexe à n variables, est un groupe d'automorphismes de $H_{n,\lambda}$, ce groupe est une extension du tore complexe C^*/G_λ par le groupe $GLn(C)/C^*$, or, ce dernier est justement $A^0(P_n(C))$; le groupe $GLn(C)/G_\lambda$ est donc isomorphe à $A^0(H_{n,\lambda})$.

Une variété d'Eckmann [4] peut se définir ainsi : dans le produit $H_{m,\lambda}\times H_{n,1/\lambda}$ faisons opérer le tore complexe de périodes $2\pi i$ et $2\pi i\lambda$ par l'opération $\exp t$ dans $H_{m,\lambda}$ et $\exp t/\lambda$ dans $H_{n,1/\lambda}$; cette opération définit une nouvelle structure fibrée dans $H_{m,\lambda}\times H_{n,1/\lambda}$ et la base de cette fibration est la variété d'Eckmann $E_{m,n,\lambda}$ homéomorphe à $S_{2m-1}\times S_{2n-1}$. La variété $E_{m,n,\lambda}$ est fibrée-analytique de fibre T et de base $P_{m-1}(C)\times P_{n-1}(C)$. Le théorème 2 donne $A^0(P_{m-1}(C)\times P_{n-1}(C))$, et le même raisonnement que plus haut montre que $A^0(E_{m,n,\lambda})$ est isomorphe à $GLm(C)\times GLn(C)/g$, où g est le sous-groupe des éléments de la forme $(\exp t, \exp t/\lambda)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Solutions non commutables de l'équation matricielle* $e^{A+B}=e^A e^B$. Note (*) de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Gaston Julia.

Soient A, B deux matrices carrées à termes réels ou complexes du même ordre. On pose

$$e^A = I + A + \frac{1}{2}A^2 + \ldots + \frac{1}{n!}A^n + \ldots. \quad (1)$$

Une telle fonction de A, jouit de certaines propriétés de l'exponentielle classique. En particulier, le second membre de (1) converge quelle que soit A.

Cependant, l'équation fonctionnelle

$$e^{A+B} = e^A e^B \quad (F)$$

n'est pas vérifiée quelles que soient les matrices A et B. Pour qu'elle soit vérifiée, il faut au moins qu'on ait

$$e^A e^B = e^B e^A. \quad (2)$$

---

(3) H. Hopf, *Zur Topologie der komplexen Manigfaltigkeiten*, Studies and essays presented to R. Courant on his 60th Birthday, New-York, Intersciences, 1948.

(4) B. Eckmann et E. Calabi. (Article à paraître au *Bulletin de la Société math. américaine*.)

(*) Séance du 19 novembre 1951.

Mais cela ne suffit pas. M. W. Ledermann nous en a communiqué l'exemple simple suivant :

$$A = \begin{Vmatrix} 0 & 2\pi \\ -2\pi & 0 \end{Vmatrix}, \qquad B = \begin{Vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{Vmatrix}.$$

Les ouvrages que nous avons pu consulter se contentent de signaler que l'équation fonctionnelle (F) est vérifiée quand A et B sont commutables (AB = BA). Dans ce cas, la relation (2) est évidemment vérifiée. L'exemple de W. Ledermann montre que cette seconde relation (2) peut être vérifiée sans que A et B soient commutables.

La question restait posée pour (F). *Nous avons pu former des exemples en nombre infini de paires de matrices non commutables vérifiant l'équation fonctionnelle* (F). Telle est la paire

$$A = \begin{Vmatrix} 0 & \pi \\ -\pi & 0 \end{Vmatrix}, \qquad B = \begin{Vmatrix} 0 & (7+\sqrt{48})\pi \\ (-7+\sqrt{48})\pi & 0 \end{Vmatrix}.$$

Cet exemple n'a pas été rencontré par hasard. C'est un membre particulièrement simple de la famille infinie de toutes les paires de matrices non commutables et d'ordre deux vérifiant (F), famille que nous avons pu déterminer en partant du résultat suivant :

Pour que deux matrices A, B, *non commutables d'ordre deux et à termes réels ou complexes, vérifient l'équation fonctionnelle* (F), *il faut et il suffit qu'elles vérifient des relations du type* $e^{A} = pI$, $e^{B} = qI$, $e^{A+B} = rI$ (avec $r = pq$), où p, q, r sont des nombres réels ou complexes et I la matrice unité. Ces résultats seront démontrés ailleurs [1].

GÉOMÉTRIE. — *Un caractère topologique du groupe conforme.*

Note (*) de M. **Roger Pernet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Détermination, en vue d'extensions ultérieures, d'un caractère topologique du groupe conforme dans E_3. Transformations induites sur le produit des deux structures fibrées triviales d'une sphère invariante.

E désigne l'espace ponctuel semi-réel à trois dimensions, (S) une inversion de sphère $S \subset E$, C un élément générique de l'espace $\mathcal{E}$ des cercles de E invariants par (S). Le signe $\times$ indique un produit direct.

On détermine les transformations T de $\mathcal{E}$ induisant une transformation topologique t de l'espace quotient $E^* = E/(S)$, de manière que toute partie de $\mathcal{E}$, dont les éléments contiennent un point M^*, admette pour homologue

---

(1) *Rendic. Circ. Matem. Palermo*, 1, 1951.

(*) Séance du 19 novembre 1951.

une partie dont les éléments contiennent un point M'^* dit homologue de M^* par t.

L'extension complexe S_c de S est recouverte par deux feuillets F et F′, lieux d'isotropes de systèmes différents X et X′, munis chacun d'une structure d'espace fibré trivial :

$$F \text{ (resp } F'), \quad \text{base } X'_0 \text{ (resp } X_0), \quad \text{fibre } X \text{ (resp } X').$$

X et X′ sont homéomorphes à deux plans de Cauchy : Π plan des $\dot{\lambda}$, Π′ plan des $\dot{\mu}$, et chaque point $X \cap X' \in S$ correspond biunivoquement à un couple de points : $\dot{\lambda} \in \Pi$, $\dot{\lambda}' \in \Pi'$. Π et Π′ sont supposés confondus, munis d'une structure cayleyenne dont l'absolu commun σ est un cercle de centre origine de même rayon que S (1 ou i); (σ) est l'inversion associée. On a :

$\mathcal{E} \simeq \mathcal{E}_1 = \Pi \times \Pi'/(\sigma)$ si $R = 1$ [resp $\Pi \times \Pi'/(\sigma)P$ si $R = i$, où P désigne la permutation de $\dot{\lambda}$ et $\dot{\mu}$ dans le couple $\dot{\lambda}, \dot{\mu}$].

Une transformation de $\mathcal{E}$ induit une transformation $\mathcal{T} \times \mathcal{T}'$ de $\mathcal{E}_1$, dont les induites dans Π et Π′ sont $\mathcal{T}$ et $\mathcal{T}'$.

Structure des T. — La recherche utilise l'organisation de chaque congruence paratactique $\mathcal{CT}$, de sphère principale S, selon une géométrie cayleyenne où droites et cercles sont images de V-séries droites ou obliques de $\mathcal{CT}$ (une V-série est une semi-cyclide de Dupin) [1].

L'image d'une V-série d'une $\mathcal{CT}$, dont une isotrope de base est $\dot{\lambda}$, est dans $\mathcal{E}_1$ l'ensemble d'un point $\dot{\lambda} \in \Pi$ et d'une chaîne cyclique de Staudt $\in \Pi'$ dont un quasi-centre $\dot{\mu}$ est l'image d'un anaxe de la V-série. La quasi-distance de deux points de Π est égale à l'angle de parataxie des couples de cercles paratactiques dont les images sont les deux points de Π et un même point de Π′.

On prouve qu'*a priori* $\mathcal{T}$ et $\mathcal{T}'$ ne peuvent être que d'une des formes

$$\lambda' = f(\lambda), \quad \mu' = \varphi(\mu) \quad \text{ou} \quad \lambda' = f(\mu), \quad \mu' = \varphi(\lambda).$$

Donc T doit conserver la parataxie; de plus toute V-série a pour homologue une V-série. Par suite $\mathcal{T}$ et $\mathcal{T}'$ sont des transformations circulaires.

Or pour que deux cercles distincts C_1, C_2 de $\mathcal{E}$ soient cosphériques, il faut et suffit : ou bien :

1° que $\lambda_2 = \lambda_1$ ou $\mu_2 = \mu_1$ si $R = 1$ (tangence); ou 2° que λ_1, μ_1 désignant les paramètres d'un foyer de C_1, λ_2, μ_2 ceux d'un foyer de C_2 ($\lambda_1 \neq \lambda_2$, $\mu_1 \neq \mu_2$), les deux cercles appartiennent à une même cyclide de Dupin dont un anaxe a pour image dans $\mathcal{E}_1$ le couple $\dot{\lambda}_1 \dot{\mu}_2$. D'où pour le 2° :

LEMME FONDAMENTAL. — *Pour que deux cercles* $(\dot{\lambda}_1, \dot{\mu}_1)$ *et* $(\dot{\lambda}_2, \dot{\mu}_2)$ *de* $\mathcal{E}$ *soient cosphériques, il faut et suffit que les quasi-segments* $\dot{\lambda}_1 \dot{\lambda}_2$ *et* $\dot{\mu}_1 \dot{\mu}_2$ *soient égaux.*

(1) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 601.

On déduit que $\mathcal{E}$ et $\mathcal{E}'$ appartiennent au groupe fondamental G de la géométrie cayleyenne d'absolu σ. Donc il faut que t soit conforme et la condition est évidemment suffisante.

Plus généralement, *toute transformation ponctuelle continue dans laquelle des cercles cosphériques invariants par* (S) *ont pour homologues des cercles cosphériques invariants par* (S') *est conforme*.

Représentation des T *dans* $\mathcal{E}_1$. — $\mathcal{A}$ est une antiinvolution commutative à l'antiinvolution $\overline{\mathcal{A}}_0$ définie par (σ), $\mathcal{I}$ l'identité

1° $T \sim \mathcal{I} \times \mathcal{A}_0$ (resp $\mathcal{A}_0 \times \mathcal{I}$) est une association : opération paratactique spéciale O. P. d'angle $\pi/2$ remplaçant chaque $C \in \mathcal{E}$ par son conjugué C.

2° $T \simeq \mathcal{I} \times \overline{\mathcal{A}}$ est le produit d'une association par une O. P. d'angle $\pi/2$ conservant chaque isotrope de F.

$T \simeq \mathcal{I} \times \mathcal{H}$ (où $\mathcal{H} = \overline{\mathcal{A}}_1 . \overline{\mathcal{A}}_2$) est une O. P. d'angle θ (angle des cercles directeurs des inversions associées à $\overline{\mathcal{A}}_1$ et $\overline{\mathcal{A}}_2$).

3° $T \sim \mathcal{A} \times \mathcal{A}$ est une transposition anallagmatique; $T \simeq \mathcal{H} \times \mathcal{H}$ est une rotation anallagmatique dont le support est commun aux deux $\mathcal{CC}$ d'espèces différentes lieux respectifs des anneaux supports des O. P. induites par $\mathcal{I} \times \mathcal{H}$ et $\mathcal{H} \times \mathcal{I}$.

4° $T \simeq P\mathcal{A} \times P\mathcal{A}$ | $P\mathcal{A}$ antiinvolution dans Π (ou Π') suivie de l'application canonique P de Π dans Π' (ou Π' dans Π) |. Plus généralement, toute inversion conservant S est isomorphe à un produit $P\mathcal{A}_1 \times P\mathcal{A}_2$ ou $\mathcal{A}_1$ et $\mathcal{A}_2$ sont équivalentes modulo G. Écriture $\overline{\mathcal{A}}_1 \equiv \overline{\mathcal{A}}_2$ (mod. G).

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur l'erreur commise dans la méthode d'intégration de Milne*. Note de M. **Willy Richter**, présentée par M. Henri Villat.

La méthode de Milne (¹) permet de calculer des valeurs approchées d'une solution $y(x)$ de l'équation $y' = f(x, y)$ si l'on connaît $y(0)$. Désignons par $Y(\rho h)$, $\rho = -1, 1, 2, \ldots$, les valeurs de $y(\rho h)$ ainsi calculées, $Y(k)$, $k = \pm h$, seront les *premières ordonnées* et $Y(2h)$ la *seconde ordonnée*. Les quatre valeurs $Y(k)$, $y(0) = Y(0)$, $Y(2h)$ formeront les *valeurs de départ*, et la *continuation du réseau* consistera à calculer $Y(\rho h)$, $\rho > 2$.

Valeurs de départ. — Elles sont calculées par itération au moyen des formules de récurrence suivantes :

$$Y_\nu(k) \begin{cases} = y(0) + k y'(0) + \dfrac{k^2}{2} y''(0) & (\nu = 1), \\ = y(0) + \dfrac{2k}{3} y'(0) + \dfrac{k^2}{4} y''(0) + \dfrac{k}{24} [7F_{\nu-1}(k) + F_{\nu-1}(-k)] & (\nu > 1), \end{cases}$$

(¹) *Numerical Calculus*, Princeton, § 38, 1949, p. 134-138.

où l'on pose

$$F_\nu(\pm h)=f\big(\pm h,\, Y_\nu(\pm h)\big) \qquad (\nu \geqq 1).$$

Arrêtant le calcul après p itérations, on posera

$$Y_p(k)=Y(k) \qquad (k=\pm h).$$

$$Y_\mu(2h)\left\{\begin{array}{ll} = y(0)-\frac{2h}{3}y'(0)-2h^2 y''(0)+\frac{2h}{3}[5F(h)-F(-h)] & (\mu=1),\\ = y(0)+\frac{h}{3}[y'(0)+4F(h)]+\frac{h}{3}F_{\mu-1}(2h) & (\mu>1),\end{array}\right.$$

où l'on a

$$F(\pm h)=f\big(\pm h,\, Y(\pm h)\big), \qquad F_\mu(2h)=f\big(2h,\, Y_\mu(2h)\big) \qquad (\mu \geqq 1).$$

Arrêtant le calcul après s itérations, on posera

$$Y_s(2h)=Y(2h).$$

Continuation du réseau. — Milne calcule par récurrence

$$Y^*(\rho h)=Y\big((\rho-4)h\big)+\frac{4h}{3}\Big[2F\big((\rho-3)h\big)-F\big((\rho-2)h\big)+2F\big((\rho-1)h\big)\Big] \qquad (\rho>2),$$

$$Y(\rho h)=Y\big((\rho-2)h\big)+\frac{h}{3}\Big[F\big((\rho-2)h\big)+4F\big((\rho-1)h\big)+F^*(\rho h)\Big] \qquad (\rho>2),$$

où

$$F(\rho h)=f\big(\rho h,\, Y(\rho h)\big) \qquad (\rho=-1,\, 0,\, 1,\, 2,\, \ldots)$$

et

$$F^*(\rho h)=f\big(\rho h,\, Y^*(\rho h)\big) \qquad (\rho>2).$$

Hypothèses B ([2]). — Dans un certain domaine D, contenant $[0, y(0)]$, f et ses dérivées partielles jusqu'au quatrième ordre y compris existent, sont continues et bornées par

(1) $$f \leqq N, \qquad \left|\frac{\partial^{i+j} f}{\partial x^i\, \partial y^j}\right| \leqq MN^{1-i} \qquad (1 \leqq i+j \leqq 4,\ M>0,\ N>0).$$

Si ces hypothèses sont vérifiées, nous obtenons les résultats suivants :

I. *Convergence des itérations.* — Il suffit d'avoir

(2) $$q=\frac{hM}{3}<1$$

pour que les suites $Y_\nu(k)$ ($k=\pm h$, $\nu>1$, $\nu\to\infty$) et la suite $Y_\mu(2h)$ ($\mu>1$, $\mu\to\infty$) convergent.

II. *Bornes d'erreur.* — *a. Erreur commise dans le calcul des premières ordonnées*. En posant

$$P=\max_D \frac{h^3}{6}|f''|, \qquad R=\max_D \frac{h^5}{180}|f^{\text{IV}}|,$$

([2]) Dues à L. BIEBERBACH, *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik*, **2**, 1951, p. 233-248.

on a

$$|y(k) - Y_\nu(k)| < q^{\nu-1} P + \frac{R}{1-q}, \qquad \nu > 1,$$

d'où, dès que $p \geqq 3$,

(3) $$|y(k) - Y(k)| < \frac{9}{2} q^5 \frac{\max|f''|}{M^3} + \frac{27}{20} \frac{q^5}{1-q} \frac{\max|f^{\text{IV}}|}{M^5} = \eta_1.$$

b. Erreur commise dans le calcul de la seconde ordonnée.

Pour $\mu = 1$, on a

$$|y(2h) - Y_1(2h)| < 12 q \eta_1 + 28 R$$

et pour $\mu > 1$,

$$|y(2h) - Y_\mu(2h)| < 2(4q\eta_1 + 13R) q^{\mu-1} + \frac{2(2q\eta_1 + R)}{1-q},$$

soit, dès que $s \geqq 2$:

$$|y(2h) - Y(2h)| < 2(4q\eta_1 + 13R) q + \frac{2(2q\eta_1 + R)}{1-q} = \eta_2.$$

c. Erreur commise dans la continuation du réseau.

Si nous posons

$$Z = 1 + 3q + 9q^2, \qquad Q = \frac{(1+28q)R}{q(3+10q)}$$

et

$$C \begin{cases} = \max\left((\eta_1 + Q)Z, \dfrac{\eta_2 + Q}{Z^2}\right), & \text{si } \eta_2 + Q \geqq (\eta_1 + Q)Z^2, \\ = \max\left(\dfrac{\eta_1 + Q}{Z}, \quad \dfrac{\eta_2 + Q}{Z}\right), & \text{si } \eta_2 + Q < (\eta_1 + Q)Z^2, \end{cases}$$

nous obtenons

$$|y(\rho h) - Y(\rho h)| \leqq C Z^\rho - Q \qquad (\rho \geqq 1).$$

Remarques. — 1° η_1, R et η_2 contiennent q^5; Q et C contiendront q^4, donc h^4.

2° Dans le calcul de η_1 par (3), on substitue à $|f''|$ et $|f^{\text{IV}}|$ les bornes données par Bieberbach [3].

3° La méthode s'étend à un système de n équations [4]. On remplacera en (2) et en (3) M par Mn. Dans les hypothèses B, on substituera à la seconde des inégalités (1) :

$$\left|\frac{\partial^{i+\sum_\sigma j_\sigma} f_\lambda}{\partial x^i \partial y_1^{j_1} \ldots \partial y_n^{j_n}}\right| \leqq M N^{1-\sum_\sigma j_\sigma}, \qquad 1 \leqq i + \sum_\sigma j_\sigma \leqq 4 \qquad (\lambda, \sigma = 1, 2, \ldots, n).$$

---

[3] L. Bieberbach, *loc. cit.*, deuxième et quatrième formules (33).
[4] W. E. Milne, *loc. cit.*, p. 141.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Un schéma probabiliste de processus stochastique.* Note (*) de Mme **Halina Milicer-Grużewska**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $\mathfrak{A}$ un ensemble de nombres réels $x, y, z, \ldots, \mathfrak{F}$ le corps de tous les sous-ensembles boréliens $E \subset \mathfrak{A}$, $t_0, t_1, t_2, \ldots, t', t''$ des valeurs du paramètre réel t.

S_1. Supposons que le processus stochastique est résolu sur ce corps, c'est-à-dire qu'on connaît pour $t_0 \leq t^\star$, $t_0 \leq t' \leq t''$ les fonctions $Q(t, E)$ et $P(t', x, t'', E)$ qui sont normales (1) comme fonctions de l'ensemble E, la seconde d'entre elles étant en outre une fonction borélienne de x; ces fonctions remplissent les équations fondamentales I et II des processus stochastiques (2) et les conditions initiales convenables (3).

S_2. Supposons que l'ensemble $\mathfrak{A}$ est tout au plus dénombrable ou, s'il est continu, que la fonction de x, $P(t', x, t'', E)$ est continue à droite.

Soit $\mathfrak{A}_2$ le produit cartésien $\mathfrak{A} \star \mathfrak{A}$ et $\mathfrak{F}_2$ le corps de tous les sous-ensembles boréliens de $\mathfrak{A}_2$. On peut démontrer le théorème suivant :

I. *Si les conditions* S_1 *et* S_2 *sont remplies, alors on peut étendre au corps* $\mathfrak{F}_2$ *un champ de probabilité* $P_2 : \mathfrak{P}(\mathfrak{F}_2, P_2)$ *dans lequel la fonction de* x, $P(t_1, x, t_2, E)$ *est la probabilité conditionnelle au sens classique* (4), *pour chaque paire de valeurs du paramètre* $t : t_0 \leq t_1 \leq t_2$ *et chaque* $x \subset \mathfrak{A}$.

Ce champ a comme répartitions marginales (5) les fonctions $Q(t_1, E)$, $Q(t_2, E)$ et comme composante verticale (6) la fonction $P(t_1, x, t_2, E)$. La probabilité qui définit le champ $\mathfrak{P}(\mathfrak{F}_2, P_2)$ est la suivante :

$$P_2 = P(t_1, E_1, t_2, E_2) = \int_{z \subset E_1} P(t_1, z, t_2, E_2).Q(t_1, d\mathfrak{A}),$$
$$E_1 \subset \mathfrak{A}, \qquad E_2 \subset \mathfrak{A}.$$

Selon I donc à chaque processus stochastique qui est résolu correspond un schéma probabiliste, si les conditions S_1 et S_2 sont remplies.

La démonstration découle facilement du théorème T_1 de notre Note précédente (7).

Remarque I. — Il est à remarquer que le paramètre t détermine la forme de la fonction de la probabilité P_2, mais n'a pas d'influence sur le corps $\mathfrak{F}_2$ du champs $\mathfrak{P}(\mathfrak{F}_2, P_2)$.

(*) Séance du 19 novembre 1951.

(1)(2) A. Kolmogoroff, *Mathematische Annalen*, **104**, 1931, p. 420-421.

(3) *Voir* A. Kolmogoroff, *loc. cit.* p. 422.

(4) H. Milicer-Grużewska, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1256 (th. T_1 et Remarque).

(5)(6) H. Milicer-Grużewska, *loc. cit.* (déf. 1 et 2).

(7) H. Milicer-Grużewska, *loc. cit.* (sub. 4).

Remarque II. — On voit qu'au cas d'un processus ergodique on a

$$P(t_1, E_1, \infty, E_2) = Q(t_1, E_1) . P(\infty, E_2),$$

le champ $\mathfrak{P}[\mathcal{F}, Q(t_1, E_1)]$ et $\mathfrak{P}[\mathcal{F}, P(\infty, E_2)]$ sont donc stochastiquement indépendants comme il se doit.

GÉNÉTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Corrélations relatives au caractère primaire dans une population en équilibre soumise à une loi d'union sélective.* Note de M. **Henri Marchand**, présentée par M. Émile Borel.

Utilisons les notations, hypothèses et résultats de notre Note précédente ([1]); supposons de plus que le nombre N des facteurs est grand et que la contribution H d'un facteur se compose d'une contribution génétique **H**, somme de deux aléatoires du deuxième ordre $\mathcal{H}$ et $\mathcal{H}_1$ correspondant à chaque gène, et d'un résidu d traduisant l'effet de dominance. Posons

$$z = \Sigma \mathbf{H}, \qquad D = \Sigma d, \qquad x = \Sigma H = z + D.$$

Les aléatoires $\mathcal{H}$ et $\mathcal{H}_1$ pouvant prendre les valeurs t et s, H et d peuvent prendre respectivement les trois valeurs

$$\mathbf{i} = 2t, \qquad \mathbf{j} = s + t, \qquad \mathbf{k} = 2s;$$
$$m = i - \mathbf{i}, \qquad n = j - \mathbf{j}, \qquad \theta = k - \mathbf{k}.$$

Si l'on effectue l'ajustement par moindres carrés qui consiste à rendre minimum chacune des quantités $M(d^2)$ et l'ajustement global qui rend minimum $M(D^2)$, on peut montrer qu'ils sont équivalents, avec l'approximation adoptée; ils conduisent à la solution

$$(1) \qquad \mathbf{i} = \frac{p^2 i - q^2 k}{p}, \qquad \mathbf{k} = \frac{q^2 k - p^2 i}{q}$$

et l'on a simultanément $M(\mathbf{H} d) = 0$ et $M(z D) = 0$. Le calcul des variances donne alors :

$$(2) \quad M(H^2) = M(\mathbf{H}^2) + M(d^2), \qquad M(\mathbf{H}^2) = \frac{(p^2 i - q^2 k)^2}{2pq}, \qquad M(d^2) = (pi + qk^2),$$

$$(3) \qquad \mathbf{V} = M(z^2) = \Sigma M(\mathbf{H}^2) - 2\mu \mathbf{V}^2, \qquad V = M(x^2) = \Sigma M(H^2) - 2\mu \mathbf{V}^2.$$

Les expressions (1) et (2) relatives à chaque facteur sont identiques à celles que l'on aurait obtenues dans le cas du random mating (conséquence de la loi de Hardy); les expressions (3) concernant les variances globales sont analogues à celles établies par M. Malécot dans le cas d'homogamie qu'il a étudié ([2]).

([1]) Cf. *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1259.
([2]) *Cf.* G. Malécot, *Thèse*, p. 84.

Le coefficient de corrélation entre conjoints est évidemment nul,

$$M(x\bar{x}) = \Sigma\Pi\bar{\Pi}(1 + \mu y + \mu\bar{y})x\bar{x} = M(x)M(\bar{x}) + \mu M(xy)M(\bar{x}) + \mu M(x)M(\bar{x}\bar{y}) = 0.$$

Corrélation père-fils. — Désignons par des lettres affectées de l'indice 1, les quantités relatives à l'enfant. On a $M(xx_1) = M(xz_1) + M(xD_1)$. Le calcul donne $M(xz_1) = \mathbf{V}/2$.

Les tables de corrélation entre H et d_1 et entre H et d'_1 sont d'autre part en posant $(\mathbf{11}) = (\text{II}) + (12)/2$; $(\mathbf{13}) = (13) + (12)/2$; ... :

	d_1.	m.	n.	θ.
H =	i..............	$p^2 \star p$	$p^2 \star q$	0
	j..............	$pq \star p$	$pq \star (000)$	$pq \star q$
	k..............	0	$q^2 \star p$	$q^2 \star q$

	d'_1.	m'.	n'.	θ'.
H' =	i..............	$(\mathbf{11}) \star p'$	$(\mathbf{11}) \star q' + (\mathbf{13}) \star p'$	$(\mathbf{13}) \star q'$
	j..............	$(2\mathbf{1}) \star p'$	$(2\mathbf{1}) \star q' + (2\mathbf{3}) \star p'$	$(2\mathbf{3}) \star q'$
	k..............	$(3\mathbf{1}) \star p'$	$(3\mathbf{1}) \star q' + (3\mathbf{3}) \star p'$	$(3\mathbf{3}) \star q'$

On déduit de ces tables : $M(Hd_1) = O(\mu^2)$; $M(Hd'_1) = O(\mu^3)$; $M(xD_1) = O(\mu^2)$ d'où $M(xx_1) = \mathbf{V}/2$. Le coefficient de corrélation père-fils est donc $\rho = (1/2)\mathbf{V}/v$.

Si l'on désigne par ρ_0 le coefficient que l'on aurait pour la même population soumise au randon mating, et si l'on pose :

$$\delta_0^2 = \frac{\Sigma M(\mathbf{H}^2)}{\Sigma M(H^2)}, \qquad \sigma^2 = \Sigma M(H^2), \qquad \sigma'^2 = \Sigma M(H'^2),$$

on trouve :

$$(4) \qquad \frac{\rho}{\rho_0} = 1 + 4\mu\rho_0(2\rho_0 - 1)\sigma^2.$$

Le coefficient ρ est donc inférieur à ρ_0 s'il y a dominance, le minimum de ρ/ρ_0 ayant lieu lorsque $\rho_0 = 1/4$. S'il n'y a pas de dominance, $\rho = \rho_0 = 1/2$.

Corrélation entre frères. — Désignons par des lettres affectées des indices 1 et 2 les quantités relatives aux deux frères. Posons

$$p^2 m = -pqn = q^2\theta = p^3q^3C, \qquad \mathbf{i} - \mathbf{k} = 2\varepsilon, \qquad \delta^2 = \frac{\mathbf{V}}{v}.$$

On trouve

$$g = M(H_1^2) - M(H_1H_2) = pq\left(\frac{\varepsilon^2 + 3p^3q^3C^2}{4}\right) + O\left(\frac{\mu}{n^2}\right) = \frac{M(\mathbf{H}^2)}{2} + \frac{3M(d^2)}{4} + O\left(\frac{\mu}{n^2}\right).$$

On peut montrer que $M(x_1x_2) = M(x_1^2) - \Sigma g$, d'où en négligeant $O(\mu^2)$ et $O(\mu/n)$ l'expression approchée du coefficient de corrélation entre frères

$$f = \frac{1}{4} + \frac{\delta^2}{4} - \mu\delta^2\mathbf{V}.$$

On retrouve en posant $A = -2\mu\mathbf{V}$ l'expression $f = \delta^2(1 + A)/2 + (1 - \delta^2)/4$

analogue à celle établie dans le cas d'homogamie par M. Malécot (*Thèse*, p. 95). S'il n'y a pas de dominance, on obtient $f=(1-2\mu\mathbf{V})/2$, coefficient inférieur à celui que donnerait le random mating, contrairement à ce que l'on a vu pour le coefficient de corrélation père-fils.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une transformation du terme intégral de l'équation de Boltzmann.* Note (*) de M. **Jean-J. Bernard**, présentée par M. Joseph Pérès.

On considère habituellement, pour étudier les chocs subis par une molécule O_1 de la part de ses voisines O_2, deux systèmes de référence d'origine O_1; l'un fixe, $S'(X, Y, Z)$, dans lequel la vitesse $\vec{V}$ des molécules O_2 relativement à O_1 est repérée par ses angles polaires λ, μ (l'axe privilégié des coordonnées polaires est le premier du système), de telle sorte que les vitesses d'agitation des deux molécules sont respectivement :

$$\vec{q}_1(u, v, w) \quad \text{et} \quad \vec{q}_2(u+V\cos\lambda,\ v+V\sin\lambda\cos\mu,\ w+V\sin\lambda\sin\mu);$$

l'autre $S'(X', Y', Z')$ est lié à la vitesse incidente de O_2, la direction X' étant celle de $-\vec{V}$. La droite O_1O_2 joignant les centres de symétrie des molécules a pour angles polaires (η, φ) dans (S) ou (θ, ε) dans (S'); l'angle θ n'est autre que la demi-déviation de la molécule O_2 dans son choc avec O_1.

Les composantes dans le système (S) des vitesses $\vec{q}'_1$ et $\vec{q}'_2$ après le choc sont généralement exprimées en fonction des vitesses incidentes par des relations dans lesquelles les paramètres de position sont θ, ε; le terme intégral de l'équation de Boltzmann s'écrit alors, f étant la fonction de distribution et k un noyau dépendant essentiellement du modèle moléculaire envisagé :

$$\mathcal{J}=\int_0^{2\pi}d\varepsilon\int_0^{\pi}d\theta\iiint_\Omega\left[f(\vec{q}'_1)f(\vec{q}'_2)-f(\vec{q}_1)f(\vec{q}_2)\right]k(\theta, V)\,du_2\,dv_2\,dw_2,$$

(le domaine Ω est celui dans lequel $\vec{q}_2$ conduit effectivement à un choc).

1. On peut tout aussi bien faire intervenir dans les équations du choc les angles (η, φ) relatifs au système (S); ce changement des variables de position conduit à effectuer simultanément dans l'équation de Boltzmann un changement des variables de vitesse qui semble avantageux dans l'étude des modèles moléculaires non maxwelliens. Si l'on pose en effet :

$$x=V[\cos\eta\cos\lambda+\sin\eta\sin\lambda\cos(\varphi-\mu)]\cos\eta,$$
$$y=V[\sin\eta\cos\lambda-\cos\eta\sin\lambda\cos(\varphi-\mu)]\sin\eta,$$
$$z=V\sin\lambda\sin(\varphi-\mu),$$

(*) Séance du 19 novembre 1951.

les composantes des vitesses $\vec{q}'_1$, $\vec{q}'_2$, $\vec{q}_2$ prennent, en fonction de (x, y, z, η, φ) les expressions suivantes, indépendantes de toute hypothèse sur le modèle moléculaire :

$$\text{(I)} \quad \begin{cases} u'_1 = u + x, \\ v'_1 = v + x \operatorname{tg}\eta \cos\varphi, \\ w'_1 = w + x \operatorname{tg}\eta \sin\varphi, \end{cases}$$

$$\text{(II)} \quad \begin{cases} u'_2 = u + y, \\ v'_2 = v - y \operatorname{cotg}\eta \cos\varphi + z \sin\varphi, \\ w'_2 = w - y \operatorname{cotg}\eta \sin\varphi - z \cos\varphi, \end{cases}$$

$$\text{(III)} \quad \begin{cases} u_2 = u + x + y, \\ v_2 = v + (x \operatorname{tg}\eta - y \operatorname{cotg}\eta) \cos\varphi + z \sin\varphi, \\ w_2 = w + (x \operatorname{tg}\eta - y \operatorname{cotg}\eta) \sin\varphi - z \cos\varphi, \end{cases} \qquad \left(\frac{D(u_2 v_2 w_2)}{D(xyz)} = \frac{1}{\sin\eta \cos\eta}\right)$$

ce qui, joint à la relation géométrique :

$$\sin\theta \, d\theta \, d\varepsilon = \sin\eta \, d\eta \, d\varphi,$$

entre les éléments différentiels des variables de position, définit complètement le changement de variables.

2. La transformation est spécialement avantageuse lorsque la direction fixe x joue un rôle privilégié dans le mouvement du fluide et, par conséquent, dans la fonction de distribution.

Par exemple, il semble logique d'admettre dans l'étude des mouvements fluides unidimensionnels que la vitesse d'agitation n'intervient dans la fonction de distribution que par la composante u et la combinaison $r = (v^2 + w^2)^{1/2}$: le changement de variables précédent permet de justifier aisément la possibilité de telles solutions $f(u, r)$ de l'équation de Boltzmann, car, si l'on pose

$$v = r \cos\psi, \qquad w = r \sin\psi, \qquad \operatorname{tg}\eta = t,$$

on tire de (I), (II) et (III)

$$\text{(IV)} \quad \begin{cases} r'^2_1 = [r \cos(\varphi - \psi) + xt]^2 + r^2 \sin^2(\varphi - \psi), \\ r'^2_2 = \left[r \cos(\varphi - \psi) - \left(\frac{y}{t}\right)\right]^2 + [r \sin(\varphi - \psi) + z]^2, \\ r^2_2 = \left[r \cos(\varphi - \psi) + xt - \left(\frac{y}{t}\right)\right]^2 + [r \sin(\varphi - \psi) + z]^2, \end{cases}$$

et par suite, les grandeurs θ et V ne dépendant en fait que de (x, y, z, t), la variable ψ ne figure dans $\mathcal{J}$ que par la différence $(\varphi - \psi)$, ce qui la fait disparaître lors de l'intégration en φ de 0 à 2π et rend formellement compatibles les deux membres de l'équation.

3. Si nous considérons plus spécialement le cas de molécules sphériques, de diamètre σ, sans attraction ni répulsion, nous avons pour le noyau k

l'expression

$$k = \sigma^2 \, | \, V \cos\theta \, | \sin\theta = \sigma^2 \left| \frac{x}{\cos\eta} \right| \sin\theta,$$

le domaine Ω étant défini par la condition $x/\cos\eta < 0$, puisque le choc se produit seulement si la composante normale de la vitesse relative est négative.

En tenant compte de l'invariance des équations (I), (II), (III) pour les substitutions $\bar{\eta} = \pi - \eta$, $\bar{\varphi} = \pi + \varphi$, $\bar{z} = -z$, on obtient le terme intégral $\mathcal{J}$ sous la forme très maniable

$$\mathcal{J} = \sigma^2 \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\infty} dt \iiint_{-\infty}^{+\infty} (f'_1 f'_2 - f_1 f_2) \, | \, x \, | \, dx \, dy \, dz.$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur deux classes d'« opérateurs d'observation ».* Note (*) de M. **Robert Vallée**, présentée par M. Louis de Broglie.

On décrit deux types d'opérateurs linéaires, se correspondant dans une dualité entre les variables spatiotemporelles d'une part et les variables de « fréquence d'espace » et de fréquence temporelle d'autre part Des cas particuliers de ces opérateurs sont fréquemment rencontrés dans tous les domaines de l'observation, ils jouent, de plus, en théorie de l'information, un rôle important.

La description spatiotemporelle d'un phénomène physique peut être faite à l'aide d'un ensemble de fonctions du point et de l'instant. Bornons-nous au cas où une seule fonction $f(x, y, z, t)$ suffit à cette description, les autres cas pouvant y être ramenés.

Ce qu'un processus expérimental, lequel peut se réduire au simple usage des sens, nous permet d'atteindre, ce n'est pas $f(x, y, z, t)$, mais une autre fonction $g(x, y, z, t)$. Cette dernière constitue une image généralement déformée du phénomène, à partir de laquelle il n'est pas toujours possible de reconstituer le « réel ». Pour un processus expérimental donné le passage de $f(x, y, z, t)$ à $g(x, y, z, t)$ résulte de l'application à $f(x, y, z, t)$ d'un « opérateur d'observation » $\mathcal{O}$:

$$g(x, y, z, t) = \mathcal{O}\{f(x, y, z, t)\}.$$

Nous bornant au domaine linéaire, nous allons envisager deux classes, très générales, d'« opérateurs d'observation ». Soit $\varphi(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ la transformée de Fourier, à quatre variables, de $f(x, y, z, t)$ et $\gamma(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ celle de $g(x, y, z, t)$ [1]. Par définition, les « opérateurs d'observation » de la

(*) Séance du 12 novembre 1951.

[1] Supposant $f(x, y, z, t)$ et $g(x, y, z, t)$ de carrés sommables, nous avons

$$\varphi(\lambda, \mu, \nu, \omega) = \frac{1}{(2\pi)^4} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, y, z, t) \, e^{-j(\lambda x + \mu y + \nu z + \omega t)} \, dx \, dy \, dz \, dt$$

et une relation analogue concernant $\gamma(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ et $g(x, y, z, t)$.

première classe, ou opérateurs de « filtrage », font passer de $\varphi(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ à $\gamma(\lambda, \mu, \nu, \omega)$ par

$$\gamma(\lambda, \mu, \nu, \omega) = Z(\lambda, \mu, \nu, \omega)\,\varphi(\lambda, \mu, \nu, \omega). \tag{1}$$

Ces opérateurs admettent comme cas particuliers les fonctions de transfert $Z(\omega)$ des appareils enregistreurs temporels (galvanomètre par exemple) et les « fonctions de transfert » $Z(\lambda, \mu, \nu)$ des enregistreurs spatiaux (appareil photographique par exemple) ([2]).

Les opérateurs de la seconde classe, ou « opérateurs de champ », font passer de $f(x, y, z, t)$ à $g(x, y, z, t)$ par

$$g(x, y, z, t) = A(x, y, z, t)\,f(x, y, z, t). \tag{2}$$

Ces opérateurs admettent, comme cas particuliers, les opérateurs $A(t)$ rencontrés en radioélectricité sous le nom d'opérateurs de commutation. Le procédé d'observation qu'est la stroboscopie fait appel à des opérateurs du même type, pour lesquels $A(t)$ est une fonction nulle partout sauf en des instants régulièrement espacés. Les opérateurs $A(x, y, z)$, qui limitent le champ spatial d'une observation, entrent dans ce cadre. Le procédé d'observation par « prélèvement spatial » fait intervenir des opérateurs pour lesquels $A(x, y, z)$ est nulle partout sauf sur certains points.

Il existe, entre les opérateurs Z et les opérateurs A une dualité évidente, c'est elle qui fait se correspondre les variables d'espace et de temps (x, y, z, t) et les variables de « fréquence spatiale » et de fréquence temporelle $(\lambda, \mu, \nu, \omega)$. Les opérateurs Z et A permettent d'interpréter de nombreux modes d'observation. Les opérateurs plus généraux, du type AZ et du type ZA, conduisent à des interprétations plus profondes ([3]). En particulier, les opérateurs du type ZA, produits d'un « filtrage » par une « limitation de champ », jouent un rôle important, spécialement en théorie de l'information.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les largeurs de raies et la structure hyperfine dans les spectres de rayons* X. Note de M. **Daniel Curie**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Pour mettre en accord avec l'expérience la théorie de la structure hyperfine des spectres d'émission X, on a repris la théorie de la largeur des raies spectrales, dans le cas où la distance de deux niveaux est inférieure à leur largeur. On a constaté de plus que les largeurs des raies K calculées suivant le modèle usuel quasi-hydrogénoïde sont trop petites d'un facteur 2.

Fermi, puis Breit ([1]), ayant étudié théoriquement la décomposition hyper-

---

([2]) A rapprocher de : D. M. Mac Kay, *Phil. Mag.*, 1950, p. 297.

([3]) Notons que, en général, il n'y a pas commutation $AZ \neq ZA$.

([1]) *Zeits. für Phys.*, 60, 1930, p. 320; *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 1447.

fine des niveaux K, L, etc., ont montré que le niveau K se résout en deux sous-niveaux dont la séparation est 6 à 8 fois plus grande que celle des sous-niveaux provenant d'un niveau L. Chacune des deux raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ devrait donc être constituée par deux groupes de raies. Gokhale [2] a cherché à observer cet effet expérimentalement. Il a étudié les largeurs des raies $K\alpha$ des éléments compris entre Rb et Sn. On devrait observer une anomalie pour les éléments de spin I et de moment magnétique μ particulièrement élevés. Ainsi pour Nb($I=9/2$, $\mu=6,17$) la séparation hyperfine des niveaux K calculée est $\Delta\nu = 0,025$ UX; la largeur naturelle des raies $K\alpha$ étant de l'ordre de 0,27 UX, les deux groupes de raies ne se séparent pas, mais on devrait trouver un élargissement anormal, égal à $\Delta\nu$, des raies K pour cet élément. Or Gokhale constate que la variation de la largeur des raies avec Z se traduit par une courbe régulière, et les points correspondant aux éléments de I et μ élevés se répartissent sur cette courbe, alors qu'ils devraient être situés notablement au-dessus.

Nous croyons qu'on peut rechercher l'explication de ces résultats dans la remarque suivante :

La théorie usuelle de la largeur des raies [3] *n'est pas valable* dans le cas où des photons de même fréquence peuvent être émis au cours de transitions distinctes. Tel est le cas pour l'émission d'un oscillateur harmonique, par suite de l'équidistance de ses niveaux [Weisskopf [3]]. C'est également le cas *lorsque la distance de deux niveaux est inférieure à leur largeur.*

Soient donc les deux niveaux émetteurs K_1 et K_2, dérivant du niveau K, distants de $\Delta\nu$, et un niveau L, dont nous négligeons la structure; ν_1 et ν_2 les fréquences des deux raies émises. La théorie des perturbations fournit

$$(1)\quad \left\{ \begin{aligned} -i\hbar \dot{b}_{K_i0} &= \sum_{\rho} H'_{K_i0, L1_\rho}\, b_{L1_\rho}(t)\, e^{-2\pi i(\nu_i-\nu_\rho)t} \\ -i\hbar \dot{b}_{L1_\rho} &= \sum_{i} H'_{L1_\rho, K_i0}\, b_{K_i0}(t)\, e^{2\pi i(\nu_i-\nu_\rho)t} \end{aligned} \right.$$

où $b_{K_i0}(i=1, 2)$ et b_{L1_ρ} sont les amplitudes des probabilités respectives pour que l'atome émetteur soit dans l'état K_i sans avoir émis de photon ou dans l'état L après avoir émis un photon $h\nu_\rho$. Les *deux* termes dans la dernière équation traduisent que *le même* photon peut être émis au cours de l'une des deux transitions $K_1 \rightarrow L$ et $K_2 \rightarrow L$. La transition $K_1 \rightarrow K_2$ est interdite (les deux niveaux K_i ont l nul).

Initialement l'atome est excité au niveau K_1 ou K_2; si nous admettons la même probabilité d'excitation pour chacun de ces niveaux, nous sommes

(2) *Thèse*, Paris, 1950, p. 83; *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1183.
(3) V. Weisskopf et E. Wigner, *Zeits. für Phys.*, 63, 1930, p. 54 et 65, 1930, p. 18.

conduits à chercher des solutions de la forme

$$b_{K_i0}(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-\gamma_i t}. \tag{2}$$

Substituant (2) dans le système (1), l'on détermine les γ_i; on trouve que ce sont en général des fonctions du temps : *on ne saurait définir une « vie » (constante) de chacun des deux niveaux très rapprochés* K_i. La répartition de l'énergie $J(\nu)$ dans la raie émise est alors donnée par

$$J(\nu)\,d\nu = \sum_{\nu_\rho=\nu}^{\nu+d\nu} |\,b_{L1_\rho}(\infty)\,|^2. \tag{3}$$

On sait que l'hamiltonien d'interaction $H'_{K_i0,L1_\rho}$ renferme le vecteur

$$\int \psi^*_{K_i} \vec{p}\, \psi_L\, db,$$

que nous désignerons par $\vec{p}_i$. Les deux vecteurs $\vec{p}_i$ sont identiques à l'approximation non relativiste; cela provient du fait que les deux fonctions fondamentales orthogonales ψ_{K_i} correspondant aux deux possibilités de spin des électrons K ont leurs grandes composantes deux à deux identiques.

Résultats. — Quoique l'on puisse pousser jusqu'au bout les calculs dans le cas général où les $\vec{P}_i$ sont quelconques, nous ne donnons ici le résultat que dans le cas particulier actuel. Ce qui suit est donc valable seulement pour les raies de la série K.

L'on trouve pour $\Delta\nu = 0$ une raie unique, de forme classique, de largeur 2Γ *double* de celle $\Gamma = p/2\pi$ qu'on attendrait d'après l'expression bien connue des probabilités de transition $p = 2\pi h^{-1}\,|H'|^2\rho(E)$; ainsi les probabilités d'émission sont doublées par l'existence des deux électrons sur la couche K (remarque due à F. Perrin).

Pour $\Delta\nu \neq 0$ il s'ouvre un trou au centre de la raie ([4]), séparant deux raies dissymétriques dont les maxima se situent exactement en ν_1 et ν_2. Tant que $\Delta\nu$ reste petit, la forme des bords extérieurs de la raie reste inaltérée. Lorsque $\Delta\nu$ croît, le trou s'élargit, séparant les deux composantes qui pour $\Delta\nu$ grand deviennent deux raies symétriques de largeur Γ.

Dans le cas du niobium, la demi-largeur du trou central est des 4/100 de la largeur totale de la raie et l'élargissement dû à la structure hyperfine des niveaux K est seulement d'*un* centième, alors qu'on s'attendrait à 9/100 s'il était égal à $\Delta\nu$. On peut s'expliquer ainsi que l'expérience n'ait montré, ni le trou central, ni l'élargissement hyperfin. Pour les autres corps étudiés $\Delta\nu$ est encore plus petit.

([4]) La partie centrale de la raie serait modifiée par l'existence d'un déphasage entre les amplitudes complexes des b_K; mais cela entraînerait par ailleurs des conséquences peu admissibles.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Éléments gaussiens des lentilles à grilles.* Note (*) de M. **Michel Bernard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous utilisons ici les expressions du potentiel axial des lentilles à grille données dans une Note précédente [1]. Nous en tirons des formules pour le calcul des éléments optiques gaussiens en représentant de manière approchée la fonction $T = \Phi'/\Phi$ par une courbe de Glaser [2]. La comparaison des résultats avec les valeurs expérimentales montre que la représentation est précise.

1. Nous développerons le calcul dans le cas des lentilles convergentes, ce qui correspond à $\sigma < 1$. Dans ce cas, la courbe $T = \Phi'/\Phi$ présente, dans sa partie utile, c'est-à-dire pour $z > 0$, un maximum dont l'abscisse z_m est racine de l'équation

$$(\omega = 1,315) \qquad \frac{1}{2\omega d}\,\mathrm{Log}\,\frac{\mathrm{ch}\,\omega(z+d)}{\mathrm{ch}\,\omega(z-d)} = \frac{1}{1-\sigma} - \frac{\mathrm{sh}\,2\omega d}{2\omega d}\,\frac{1}{\mathrm{sh}\,2\omega z}$$

qu'il est facile de résoudre graphiquement. L'ordonnée du maximum est donnée par

$$T_m = -\,\omega\,\frac{\mathrm{sh}\,2\omega z_m}{\mathrm{ch}\,\omega(z_m+d)\,\mathrm{ch}\,\omega(z_m-d)},$$

quant à l'ordonnée de la courbe pour $z = 0$ (valeur de T sur la grille) on a

$$T_1 = (\sigma - 1)\,\frac{\mathrm{th}\,\omega d}{d}.$$

Nous allons représenter cette courbe par une cloche de Glaser dont seule la partie correspondant à $z > 0$ sera physiquement utilisée. On posera donc

$$T = T_0\left[1 + \left(\frac{z - z_0}{a}\right)^2\right]^{-1}$$

et l'on déterminera les coefficients en faisant passer la courbe approchée par le maximum et l'ordonnée à l'origine de la caractéristique réelle. On a

$$T_0 = T_m, \qquad z_0 = z_m, \qquad a = z_m\left[\frac{T_0}{T_1} - 1\right]^{-\frac{1}{2}}.$$

Quant à la partie négative de la courbe, elle est symétrique par rapport à l'origine; on aura donc une représentation analogue avec

$$T'_0 = -\,T_0, \qquad z'_0 = -\,z_0, \qquad a' = a.$$

Les résultats ci-dessus sont relatifs au cas de la lentille de Cartan. On aura des formules analogues pour la lentille à deux cylindres en faisant tendre d vers zéro.

(*) Séance du 15 octobre 1951.

[1] M. Bernard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 298.

[2] P. Grivet et M. Bernard, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 788.

2. L'équation de Picht peut s'intégrer rigoureusement dans chacune des moitiés de la lentille et l'on obtient

$$R = A\frac{\sin K(\varphi + B)}{\sin\varphi}, \qquad z - z_0 = \operatorname{arctg}\varphi, \qquad K = \sqrt{1 + \frac{3}{16}T_0^2 a^2}.$$

Au premier ordre nous admettrons que la grille n'introduit pas de déviation sensible : on écrira donc que les valeurs de r et de dr/dz sont les mêmes de part et d'autre de la grille.

Les distances focales sont ici égales et de signe contraire; elles sont données par la formule

$$-\frac{1}{f_0} = \frac{1}{f_i} = -\frac{R'(+\infty)}{R(-\infty)},$$

ce qui conduit à

$$-\frac{1}{f_0} = \frac{1}{f_i} = -\frac{\sin^2 K\alpha}{\alpha K^2}\left[\frac{T_0 a}{2} + 2[K \operatorname{cotg} K\alpha - \operatorname{cotg}\alpha]\right],$$

α étant tel que $\operatorname{cotg}\alpha = -(z_0/a)$.

D'autre part, un développement limité au voisinage de $z = \infty$ permet de trouver la position des foyers

$$z_{F_i} = -z_{F_0} = z_0 - \frac{T_0 a^2}{4} + f_i \sin^2 Ka\left[1 + \frac{2}{K}\operatorname{cotg} K\alpha \operatorname{cotg}\alpha - \operatorname{cotg}^2 K\alpha - \frac{T_0 a}{2K}\operatorname{cotg} K\alpha\right].$$

3. Si σ est suffisamment voisin de 1, la distance focale se simplifie en posant $K \sim 1$. On a

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{2d}\,\frac{\Phi_1 - \Phi_0}{\Phi_0}\operatorname{th}\omega d,$$

formule qui se réduit à celle proposée par Cartan ([3]) lorsque le facteur $\operatorname{th}\omega d$ peut être égal à l'unité.

Les calculs numériques ont été faits dans le cas d'une lentille étudiée expérimentalement par Knoll et Weichart ([4]) pour laquelle $d = 1$. L'accord est excellent; les valeurs expérimentales sont lues sur un graphique qui ne s'étend que de 0,8 à 0,5.

σ	0,9.	0,8.	0,7.	0,6.	0,5.	0,4.	0,3.	0,2.
$\frac{1}{f_{calc.}}$	0,044	0,097	0,162	0,233	0,311	0,392	0,470	0,515
$\frac{1}{f_{mes.}}$	–	0,095	0,162	0,233	0,310	–	–	–
z_{F_i}	22,8	10,25	6,23	4,38	3,30	2,66	2,23	2,05

On peut vérifier à l'aide des nombres du tableau que l'abscisse du plan principal image $z_{p_i} = z_{F_i} - f_i$ est positive; les plans principaux d'une telle lentille ne sont pas croisés.

([3]) *J. Phys. Rad.*, **8**, 1937, p. 111.
([4]) *Z. Physik*, **110**, 1938, p. 233-236.

4. Si la lentille est divergente, ce qui correspond à $\sigma > 1$, on adopte la même représentation de la fonction T, mais la détermination des paramètres T_0, z_0 et a doit se faire autrement puisqu'il n'y a plus de maximum.

Le choix des coefficients est alors plus arbitraire car il y a moins de conditions obligatoires ; nous ferons coïncider les courbes pour $z=0$ et nous choisirons a de façon que l'aire limitée par les deux courbes et l'axe des z soit la même (²) ; nous pouvons encore disposer d'une condition que nous prendrons la plus simple possible : $z_0=0$. On a alors

$$T_0=(\sigma-1)\frac{\operatorname{th}\omega d}{d}, \qquad a=\frac{2}{\pi T_0}\operatorname{Log}\sigma.$$

Le calcul de f_i et de z_{F_i} se fera ensuite en utilisant les deux formules du paragraphe 2.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Fluorescence et absorption du stilbène cristallisé.* Note de M. **Paul Pesteil**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans deux Notes récentes (¹) et (²) sur la fluorescence et l'absorption du stilbène, nous avions conclu que la vibration réémise est parallèle au petit axe M de la molécule. Les faibles bandes d'absorption correspondaient également à des vibrations parallèles au petit axe.

Par suite de la confusion des deux axes 1 et 3 du cristal utilisé, ces conclusions sont à corriger comme il suit :

La vibration de fluorescence étudiée est prépondérante dans la direction du *grand axe* L.

Les bandes de faible absorption sont dues à des vibrations parallèles au *grand axe* L.

Les bandes de forte absorption sont dues à des transitions parallèles au *petit axe* M.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarque sur une mesure récente de la période du rubidium* 87. Note de MM. **Georges Charpak** et **Francis Suzor**, présentée par M. Frédéric Joliot.

S. C. Curran, D. Dixon et H. W. Wilson (¹) ont effectué récemment une mesure de la période de désintégration du ^{87}Rb. Ils ont déposé sur la surface

(¹) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 377.
(²) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 924.

(¹) *Phys. Rev.*, **84**, 1951, p. 151.

interne d'un cylindre d'aluminium, fonctionnant comme cathode d'un compteur proportionnel, une couche uniforme de chlorure de rubidium, d'épaisseur 0,128 mg:cm², sur une surface d'environ 800 à 900 cm². Trouvant que 0,10075 g de RbCl donnaient 1477 impulsions par minute et supposant que la réflexion par le support était de 7,5 % et l'absorption dans l'épaisseur même de la source de 4,5 %, les auteurs donnent comme valeur de la période du ^{87}Rb

$$\tau = (6{,}15 \pm 0{,}3) \times 10^{10} \text{ ans.}$$

La valeur de 7,5 pour cent pour la réflexion par le support d'aluminium a été tirée d'expériences ([2]) faites dans l'air, dans lesquelles le compteur Geiger-Müller, détecteur du rayonnement électronique, était vu de la source sous un angle solide au plus égal à $0{,}5 \times 2\pi$. Ces conditions ne sont pas celles des expériences de S. C. Curran, D. Dixon et H. W. Wilson dans lesquelles les électrons réfléchis par le support sont comptés dans un angle solide 2π. Par contre ces conditions de réflexion en arrière dans un angle solide 2π sont réalisées dans nos expériences ([3]). Celles-ci ont montré que la proportion de rayonnement renvoyé en arrière dans ces conditions par une épaisseur saturante d'aluminium était sensiblement indépendante de l'énergie des électrons [(33 ± 2) % pour ^{35}S et (35 ± 2) % pour ^{60}Co]. Ainsi la valeur que nous avons trouvée pour ^{35}S doit être valable pour ^{87}Rb et nous pensons qu'il faut appliquer aux expériences des auteurs la correction de 33 % au lieu de 7,5 % pour la réflexion par le cylindre d'aluminium. La valeur ainsi corrigée de la période du ^{87}Rb serait :

$$\boxed{\tau = (7{,}6 \pm 0{,}4) \times 10^{10} \text{ ans.}}$$

Rappelons qu'en 1948 O. Haxel, F. G. Houtermans et M. Kemmerich ([4]) par une mesure du rayonnement dans un angle solide 4π, ne faisant pas intervenir la réflexion par le support, ont trouvé pour ce même nuclide :

$$\tau = (6{,}5 \pm 0{,}6)\, 10^{10} \quad \text{et} \quad (6{,}9 \pm 0{,}7)\, 10^{10} \text{ ans,}$$

mais que ces mêmes auteurs par une méthode semblable à celle de S. C. Curran, D. Dixon et H. W. Wilson et prêtant à la même critique, ont trouvé la valeur plus faible

$$\tau = (5{,}8 \pm 0{,}5)\, 10^{10} \text{ ans.}$$

([2]) Conférence on Absolute β Counting-National Research Council USA oct. 1950.

([3]) *Journal de Physique et le Radium.* A paraître janvier 1952.

([4]) *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 1886 et *Zeits. f. Physik*, **124**, 1948, p. 705.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la diffusion des rayons* β.
Note de M. **Maurice Spighel**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Une série de recherches effectuées cette année dans les laboratoires de M. le Professeur Joliot peuvent se classer en deux catégories :

a. Les propriétés des β sont-elles identiques aux propriétés des électrons (1) ?

b. Les propriétés des β émis par une source mince sont-elles les mêmes après traversée de matière ? Les expériences de Yuasa et Radvanyi (2) signalaient un changement de propriétés.

Nos expériences comparent à quantité de mouvement déterminée les propriétés de diffusion des β avant et après traversée de matière.

Nous utilisons un spectrographe β à trajectoire circulaire de 180°. Perpendiculairement à 5° près au plan d'une fente, un faisceau monoénergétique à 8 % près passe par cette fente pour être finalement détecté par un compteur Geiger-Müller entouré d'une feuille de plomb percée d'une seconde fente de grandeur égale à la première. Devant la première fente nous pouvons placer des feuilles d'or jouant le rôle de diffuseur.

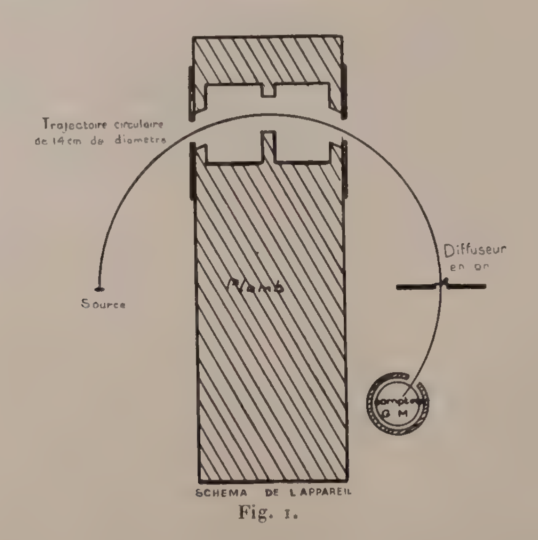


Fig. 1.

Sans diffuseur un nombre n_0 de coups est compté. Avec un diffuseur un nombre n de coups est compté. $(n_0 - n)/n_0$ est le pourcentage de β diffusé de plus de $5° \pm 1°30'$. Plus exactement c'est l'affaiblissement relatif du taux de comptage dans notre géométrie par l'interposition d'un diffuseur.

Sur les courbes ce pourcentage est porté en ordonnée et en abscisse est portée la masse superficielle du diffuseur en or. Pour une quantité de mouve-

(1) G. Charpak et F. Suzor, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2308.

(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1417.

ment donnée je considère les valeurs correspondant à une source, soit sans écran devant, soit avec un écran de 10 mg:cm² de polyvinyl devant. Les β utilisés dans ce dernier cas proviennent donc d'une partie plus énergique du spectre, la différence d'énergie étant égale à la perte d'énergie dans la traversée de l'écran.

La source de 60 μC est du P^*_{32} de 14 jours déposé sur une feuille de formvar de 20 μg:cm² avec une couche d'aluminium de 30 μg:cm².

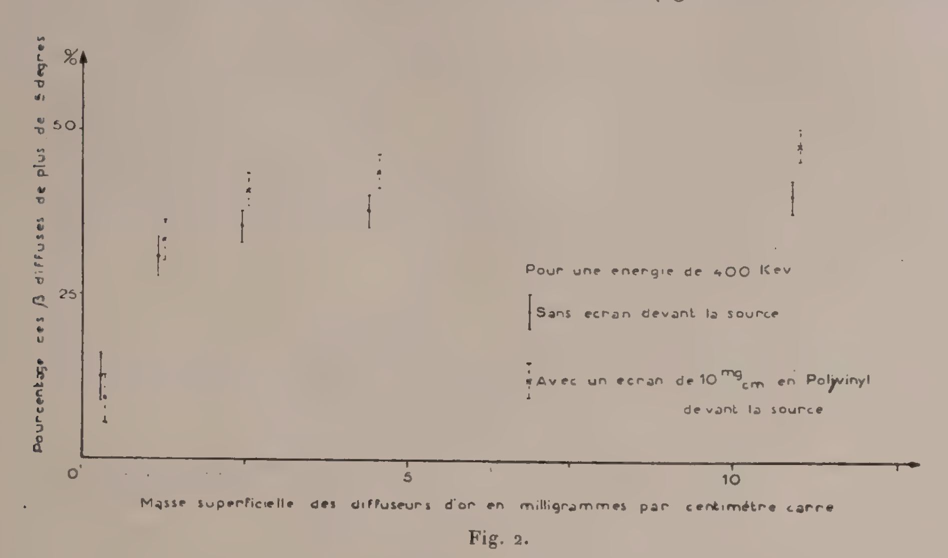


Fig. 2.

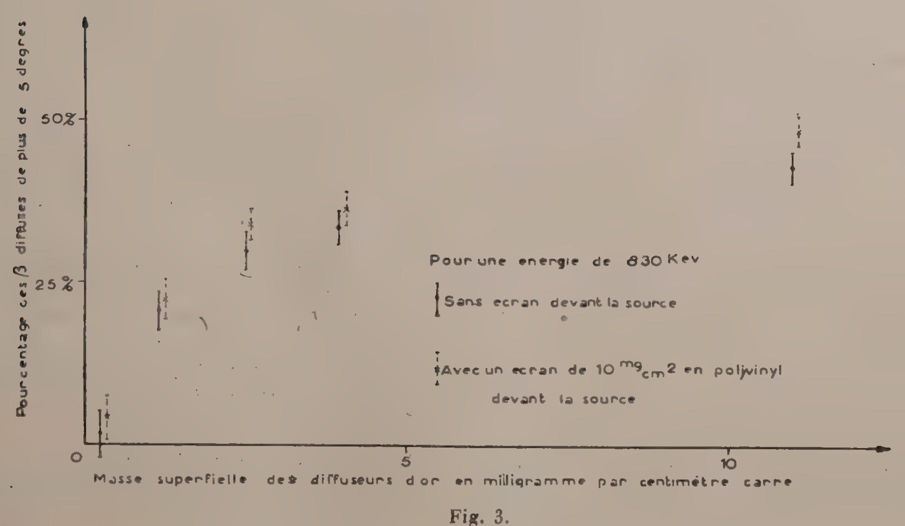


Fig. 3.

La densité moyenne du dépôt est faible; la densité locale peut atteindre 1 mg : cm².

Les deux diagrammes correspondent respectivement à une énergie de 400 et 830 keV. Les erreurs statistiques sont évaluées en prenant $\sqrt{2n}$ comme

grandeur de l'erreur possible sur un nombre n de coups comptés. Chaque valeur de n_0 et n par unité de temps est déterminée en comptant 10 000 coups.

1° Yuasa et Radvanyi ont étudié la diffusion β à la chambre de Wilson sans déterminer l'énergie. Avec un diffuseur en or de 1 mg : cm² nos résultats sont en désaccord avec les leurs : sans écran ou avec écran devant la source le pourcentage de β diffusés de plus de $5^\circ \pm 1^\circ 30'$ est le même. Il faut cependant formuler la réserve :

a. que notre source est beaucoup plus épaisse que la leur, bien que déposée sur un support plus mince, 50 μg : cm² contre 500 μg : cm²;

b. que la distance source-diffuseur est plus grande dans notre appareil que dans le leur, 21 cm contre 4 à 7 cm.

2° En analysant les deux diagrammes pour des diffuseurs de 4 à 11 mg : cm² en or, une légère anomalie systématique et de même allure nécessite pour l'interpréter de continuer ces expériences.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure précise de la période de quelques radioéléments.* Note de M. **Jacques Tobailem**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On a mesuré avec précision la période de quelques radioéléments, à l'aide d'une méthode d'ionisation différentielle; les résultats sont les suivants : ^{222}Rn$(3,825 \pm 0,005)$ j; ^{59}Fe$(47,1 \pm 0,5)$ j; ^{60}Co$(5,27 \pm 0,07)$ a; ^{67}Ga$(77,9 \pm 0,3)$ h.

1. La mesure précise de la période des radioéléments n'a été l'objet jusqu'ici que d'un petit nombre de travaux : indiquons ceux de J. H. Sreb (¹) en 1951, sur ^{131}I(8 j) à 10^{-3} environ, de J. W. Cobble et R. W. Attebery (²) en 1950, sur ^{24}Na(15 h) à 3.10^{-3}, ^{38}Cl(37 mn) à 10^{-3}; mais la mesure la plus précise connue reste encore celle effectuée par I. Curie et C. Chamié (³) en 1924 sur ^{222}Rn(3,8 j) avec une précision de 5.10^{-4}. Pour des périodes de quelques années, on atteint à peine 1 % (⁴).

Toutefois pour obtenir de telles précisions, la principale méthode utilisable est celle de la chambre d'ionisation à collection totale, reliée à un système électrométrique stable et sensible (électromètre mécanique, lampe électromètre ou électromètre dynamique). On opère en général par méthode de zéro, ou par vitesse de déviation.

Nous avons entrepris les mesures à l'aide de la méthode d'ionisation différentielle utilisant une lampe électromètre; les premiers résultats obtenus sont satisfaisants.

(¹) *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 643.
(²) *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 917.
(³) *J. Phys. Radium*, 5, 1924, p. 238.
(⁴) J. M. Hollander, R. F. Leininger, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 915.

2. *Dispositif expérimental.* — On a utilisé celui qui a servi à la mise en évidence de la variation de période du ^7Be en fonction du degré d'ionisation de l'atome ([5]). Il se compose essentiellement de deux chambres d'ionisation identiques, montées en opposition et dont les électrodes sont reliées à la grille d'une lampe électromètre; le circuit électrométrique est à compensation automatique. Le système électrométrique a une sensibilité de 5 000 mm : V et une grande stabilité (fluctuations du zéro inférieures à 2 mV par mois, en fonctionnement ininterrompu). Le courant dû au mouvement propre est de 5.10^{-15} A (correspondant à environ 30 paires d'ions par centimètre cube et par seconde). La sensibilité de la méthode, limitée par les fluctuations statistiques des sources et celles du mouvement propre, permet de mesurer avec une bonne précision des sources d'une fraction de microcurie (équivalent γ de radium dans les conditions expérimentales).

3. *Principe des expériences.* — On réalise initialement l'équilibre de façon que le courant produit par une des sources dans une des chambres soit compensé par celui produit par l'autre source; une faible variation de l'intensité de l'une des sources par rapport à l'autre se traduira par un déséquilibre du dispositif. Si l'une des sources est supposée constante par rapport à celle dont on veut mesurer la période, la mesure du déséquilibre permettra de déterminer la période inconnue.

On a utilisé comme référence des sources de Ra dont la période est très grande par rapport aux périodes mesurées. On réalise initialement le montage pour que les deux sources produisent le même courant dans les deux chambres : $I_0 = I_{Ra}$. Au temps t, on mesure le déséquilibre correspondant à $I_{Ra} - I = I_0(1 - e^{-\lambda t})$. On opère par mesure de vitesse de déviation : $v = S(I/C)$ (S, sensibilité en mm : V; C, capacité totale du montage); dans ce cas $v = V(1 - e^{-\lambda t})$ en appelant v et V les vitesses correspondant à $(I_0 - I)$ et I_0, d'où il résulte que $L[V/(V - v)] = \lambda t$.

En pratique il est difficile de déterminer avec précision l'instant précis de l'équilibre. Soit $t = t_0$ cet instant précis (t_0 est petit), on peut alors écrire $L[V/(V - v)] = \lambda t - \lambda t_0$. Cette fonction est une droite dont la pente donne la période à déterminer. L'analyse des mesures est effectuée par la méthode des moindres carrés.

4. *Résultats.* — On a étalonné le dispositif expérimental en mesurant la période bien connue du ^{222}Rn. La redétermination de la période du ^{60}Co (5,3 *a*) nous a permis d'étudier le fonctionnement de l'appareil (dérive du galvanomètre, de l'électromètre, etc.) pendant plusieurs mois. Nous avons pu obtenir pour cette période de 5 ans environ une précision de l'ordre de 1 %, meilleure que les mesures antérieures.

([5]) R. Bouchez, P. et R. Daudel, R. Muxart et A. Rogozinski, *J. Phys. Radium*, **10**, 1949, p. 201.

On a résumé les résultats dans le tableau suivant :

Radio -élément.	Origine.	Valeurs de l'auteur.	Durée totale des mesures.	Valeurs antérieures.
^{222}Rn.	Institut Radium, Paris....	$(3,825 \pm 0,005)$ j	2 j	$(3,823 \pm 0,002)$ j (3) $(3,825 \pm 0,003)$ j (6)
^{59}Fe.	Harwell..................	$(47,1 \pm 0,5)$ j	11 j	46,3 j (7)
^{60}Co.	Oak Ridge...............	$(5,27 \pm 0,07)$ a	32 j	$(5,26 \pm 0,17)$ a (8) $(5,25 \pm 0,21)$ a (9)
^{67}Ga.	Cyclotron 7 Me V, Paris...	$(77,9 \pm 0,3)$ h	2 j	$(78,2 \pm 0,5)$ h (10)

La méthode utilisée peut donner une plus grande précision encore; aussi nous travaillons actuellement à la réalisation d'un appareil qui devrait permettre d'obtenir une précision meilleure que 1 ‰ pour des périodes de l'ordre du mois, et que 1 % pour des périodes de plusieurs centaines d'années.

CHIMIE MINÉRALE. — *Existence d'une limite de décharge spontanée des ions cuivre sur le zinc métallique.* Note de Mme **Marguerite Bancie-Grillot** et M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Détection d'ions Cu^{++} jusqu'à 10^{-9} ion-g : l par emploi de radio-cuivre **64**. Application à l'étude de la décharge spontanée des ions Cu^{++} sur Zn, en vue de contrôler la préparation de SZn luminescent exempt de Cu. Mise en évidence d'une limite de purification égale à 5.10^{-6} g de Cu par gramme de Zn dans une solution bouillante de SO_4Zn à 10 %.

La valeur de la constante d'équilibre $K = [Zn^{++}]/[Cu^{++}]$ de la réaction

$$Zn + Cu^{++} \rightleftharpoons Zn^{++} + \underset{\downarrow}{Cu}$$

étant considérée de l'ordre de 10^{30} (1), on admet généralement qu'une lame de zinc immergée dans une solution aqueuse contenant des ions cuivre est le siège du dépôt intégral de ce métal. Jusqu'ici, cette assertion s'est trouvée vérifiée expérimentalement, dans la limite des précisions analytiques (2). C'est

(6) W. Bothe, *Z. f. Phys.*, **16**, 1923, p. 266.

(7) J. A. Swartout, *Plutonium Project Report*, Mon N **243**, janv. 1947, p. 4.

(8) G. L. Brownell et G. J. Maletskos, *Phys. Rev.*, **80**, 1950, p. 1102.

(9) W. K. Sinclair et A. F. Holloway, *Nature Lond.*, **167**, 1951, p. 365.

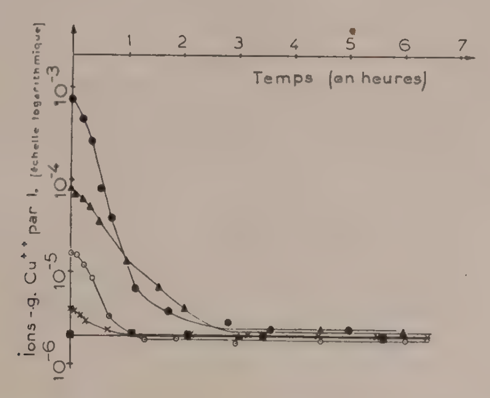
(10) D. A. Mc. Cown, L. L. Woodward et M. L. Pool, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 1311.

(1) La formule $K = e^{2F(\pi_{Cu}-\pi_{Zn})/RT}$ dans laquelle π est le potentiel normal d'électrode du métal considéré, qui est valable si les ions en solution ont une activité totale unité, conduit à des valeurs de K de 10^{38} à 0° C et 10^{28} à 100° C.

(2) *Voir* notamment : S. Glasstone, *Electrochimie des solutions*, Alcan, Paris, 1936, p. 371.

pourquoi la seule méthode actuellement retenue pour l'élimination des dernières traces de cuivre dans la préparation du sulfure de zinc exempt de ce luminogène consiste à faire circuler plusieurs fois la solution chaude d'un sel de zinc dans une longue colonne contenant du zinc pur (³) et (⁴).

Le sulfure de zinc obtenu à partir de ces solutions purifiées, sans addition de luminogène étranger, peut présenter une luminescence bleue. Or nous avons préparé du sulfure de zinc de photoluminescence bleue, le luminogène étant du cuivre introduit en proportions notables (⁵). Des doutes concernant l'absence rigoureuse de cuivre dans le premier étaient donc permis. La recherche d'une méthode de contrôle, beaucoup plus sensible que celles utilisées jusqu'alors pour suivre cette opération de purification du sel de zinc nous a semblé s'imposer.



L'examen colorimétrique, au moyen de diéthyldithiocarbamate de sodium et sous une épaisseur de 50 cm, d'une solution concentrée de sulfate de zinc ayant bouilli plusieurs jours au contact de zinc pur nous a fait pressentir qu'il y subsiste des traces de cuivre. Cependant, nous trouvant au voisinage du seuil de sensibilité de cette méthode d'analyse, qui dans ces conditions est de l'ordre de 2.10^{-6} ion-g Cu^{++} par litre, aucune conclusion décisive ne pouvait être ainsi apportée.

L'emploi de sulfate de cuivre soumis pendant 64 h au flux maximum de neutrons de la pile de Chatillon nous a permis d'accroître considérablement la sensibilité de détection des ions cuivre en solution. En effet, dissolvons dans l'eau 2.10^{-10} mol-g de ce sel, ainsi marqué par la présence de radiocuivre 64 qui s'est formé par réaction (n, γ). Puis, grâce à un appoint d'ions cuivre ordinaires, entraînons la quasi-totalité du ^{64}Cu à se déposer rapidement sur

(³) R. Ward, *Preparation and characteristics of solid luminescent materials*, Symposium Cornel University, New-York, 1948, p. 28.

(⁴) H. W. Leverenz, *An introduction to luminescence of solids*, New-York, 1950, p. 473-474.

(⁵) E. Grillot et M. Bancie-Grillot, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 966-968.

l'une des faces d'une pastille de zinc. L'activité manifestée alors par celle-ci qui, après une période (12 h 8) du radiocuivre représente encore 15 % du mouvement propre de notre compteur Geiger-Müller, peut être considérée comme la limite mesurable. Il en résulte que, grâce à cette technique et avec une prise d'essai de 200 cm^3, on peut encore déceler le cuivre dans une solution qui en contient 10^{-9} ion-g : l, quelle que soit d'ailleurs la concentration des ions zinc auxquels il peut être mélangé.

En introduisant des quantités connues, toujours très faibles, de ce cuivre marqué dans 500 cm^3 de solution bouillante de sulfate de zinc à 10 %, nous avons pu suivre la cinétique de son dépôt spontané sur 10 g de zinc en aiguilles, pur pour analyses. Le phénomène observé pour différentes concentrations initiales en ions cuivre ordinaires marqués est représenté sur le diagramme ci-contre. On voit que, pour un liquide de composition donnée, la vitesse de dépôt du cuivre dépend dans une large mesure de l'état de la surface sur laquelle il se dépose, c'est-à-dire de la quantité qui y a été préalablement déposée. Cependant, toutes les courbes présentent la même allure générale : rapidement décroissantes au début, elles aboutissent à un palier horizontal qui est pratiquement le même pour toutes. L'existence d'une limite de décharge spontanée des ions Cu^{++} sur le zinc métallique apparaît donc certaine. Dans une solution de sulfate de zinc à 10 %, à la température d'ébullition, cette limite est atteinte lorsque la concentration des ions Cu^{++} est abaissée à $(2 \pm 0,3.)10^{-6}$ ion-g : l. En conséquence, dans les conditions présentes, l'élimination des ions cuivre en solution ne peut être poursuivie par ce procédé au delà de 5.10^{-6} g Cu par gramme Zn. Cette proportion est largement suffisante pour que le cuivre agisse comme luminogène dans le sulfure de zinc que l'on pourrait préparer à partir de cette solution.

La nature du phénomène qui limite la décharge spontanée des ions cuivre sur le zinc reste à préciser. Nous poursuivons nos recherches pour tenter de résoudre cette question et, si possible, d'obtenir une élimination contrôlée plus poussée des dernières traces de cuivre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode spectrophotométrique d'étude de l'hydratation des aldéhydes.* Note (*) de MM. **Paul Rumpf** et **Claude Bloch**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'éthanal et le méthyl-2 propanal ont été étudiés dans des mélanges eau-dioxane : la critique des résultats montre que la méthode, quoique imprécise, permet de comparer l'hydratation d'aldéhydes de structures voisines, même insolubles dans l'eau pure.

Divers auteurs ont utilisé l'affaiblissement de la bande du carbonyle, située

(*) Séance du 19 novembre 1951.

entre 2650 et 2950 Å, pour évaluer le taux d'hydratation d'aldéhydes aliphatiques en solution aqueuse. Afin d'étendre cette étude à des aldéhydes trop peu solubles ou trop hydratés pour donner dans l'eau pure une bande perceptible, nous avons envisagé d'ajouter à l'eau un solvant indifférent, totalement miscible, transparent dans le proche ultraviolet. La méthode a été mise au point, à l'aide d'un spectrophotomètre Beckman, sur l'éthanal et le méthyl-2 propanal dans divers mélanges d'eau et de dioxane.

La constante de dissociation de l'hydrate est donnée par :

$$K = \frac{\text{(aldéhyde non hydraté) (eau)}}{\text{(aldéhyde hydraté)}} = \frac{a(b-c+a)}{(c-a)} \# \frac{ab}{c-a},$$

où a est la concentration du groupement carbonyle libre $= d/l\varepsilon_{th}$; c, la concentration totale de l'aldéhyde; d étant la densité optique donnée par le spectrophotomètre; l, l'épaisseur de la cuve d'absorption en centimètres $(=1)$; ε_{th}, le coefficient d'extinction maximum *réel* de l'aldéhyde non hydraté dans le solvant utilisé; et b, l'eau totale introduite, en molécules par litre. En appelant ε_m le coefficient d'extinction maximum *apparent* de l'aldéhyde, d/lc, on peut écrire $K \# b.\varepsilon_m/(\varepsilon_{th}-\varepsilon_m)$.

La détermination de ε_{th} soulève une première difficulté : comme l'ont souligné Herold et Wolf (¹), l'exemple des cétones non hydratées montre que l'absorption du carbonyle est plus intense dans l'eau que dans les solvants inertes. D'où l'idée d'introduire un terme correctif déduit de l'étude de cétones dont le maximum d'absorption présente dans les solvants inertes un coefficient d'extinction voisin de celui de l'aldéhyde étudié et subit un changement de fréquence comparable lorsqu'on passe d'un solvant à un autre. En posant, pour un même solvant, simple ou mixte, $\varepsilon_{th} = \varepsilon_{\text{cétone}} . \varepsilon_{\text{aldéhyde (dioxane)}}/\varepsilon_{\text{cétone (dioxane)}}$, on trouve pour l'éthanal dans l'eau pure 18,1 ou 19,3 selon que l'on se réfère à la propanone ou à la butanone, ce qui montre le caractère arbitraire du choix de la « cétone de comparaison ». D'autre part, il faut tenir compte des erreurs de mesures : $d\varepsilon/\varepsilon \# \pm 2\%$. Le calcul montre que dK/K est égal au produit de $d\varepsilon/\varepsilon$ par le terme $\varepsilon_{th}/(\varepsilon_{th}-\varepsilon_m)$, toujours plus grand que 1. Ainsi l'erreur sur K varie en fonction inverse de la concentration de l'aldéhyde hydraté, et le calcul de cette constante perd toute signification au-dessous de 10 % d'eau (*voir* tableau). D'ailleurs, dans ces mêmes mélanges, la variation de ε en fonction de la concentration de l'eau présente des irrégularités difficiles à interpréter.

On voit que : 1° dans tous les cas étudiés, les valeurs trouvées pour K augmentent quand la concentration de l'eau diminue, ce qui semble indiquer que, lorsqu'on ajoute du dioxane, l'activité de l'eau diminue plus vite que sa concentration; 2° pour le méthyl-2 propanal, la comparaison à deux cétones

(¹) *Physik. Chem.*, (B), 12, 1931, p. 165-193.

Solvant.	Éthanal par rapport à la butanone. K.	Éthanal par rapport à la butanone. Erreur relative (%). $\frac{dK}{K}$.	Méthyl-2 propanal par rapport à la méthyl-3 butanone-2. K.	Méthyl-2 propanal par rapport à la méthyl-3 butanone-2. Erreur relative (%). $\frac{dK}{K}$.	Méthyl-2 propanal par rapport à la méthyl-4 pentanone-2. K.	Méthyl-2 propanal par rapport à la méthyl-4 pentanone-2. Erreur relative (%). $\frac{dK}{K}$.
Eau..................	$\frac{6{,}89}{12{,}41}\cdot 55{,}5 = 30{,}8$	$\frac{19{,}3}{12{,}41}\cdot 2 = 3{,}1$	$\frac{12{,}9}{17{,}96}\cdot 55{,}5 = 39{,}9$	$\frac{30{,}86}{17{,}96}\cdot 2 = 3{,}4$	$\frac{12{,}9}{16{,}6}\cdot 55{,}5 = 43{,}15$	$\frac{29{,}5}{16{,}6}\cdot 2 = 3{,}5$
Dioxane + 75 % eau...	–	–	$\frac{14{,}21}{13{,}66}\cdot 41{,}72 = 43{,}4$	$\frac{27{,}87}{13{,}66}\cdot 2 = 4{,}1$	$\frac{14{,}21}{13{,}61}\cdot 41{,}72 = 43{,}55$	$\frac{27{,}82}{13{,}61}\cdot 2 = 4{,}1$
» + 50 % » ...	$\frac{10{,}01}{8{,}02}\cdot 27{,}75 = 34{,}6$	$\frac{18{,}03}{8{,}02}\cdot 2 = 4{,}5$	$\frac{17{,}27}{8{,}68}\cdot 27{,}78 = 55{,}3$	$\frac{25{,}95}{8{,}68}\cdot 2 = 6{,}0$	$\frac{17{,}27}{8{,}23}\cdot 27{,}78 = 56{,}3$	$\frac{25{,}5}{8{,}23}\cdot 2 = 6{,}2$
» + 35 % » ...	–	–	$\frac{18{,}34}{6{,}29}\cdot 18{,}95 = 55{,}25$	$\frac{24{,}63}{6{,}29}\cdot 2 = 7{,}8$	$\frac{18{,}34}{6{,}03}\cdot 18{,}95 = 57{,}63$	$\frac{24{,}37}{6{,}03}\cdot 2 = 8{,}1$
» + 20 % » ...	$\frac{13{,}1}{4{,}36}\cdot 11{,}11 = 33{,}4$	$\frac{17{,}46}{4{,}36}\cdot 2 = 8$	$\frac{20{,}58}{3{,}42}\cdot 11{,}1 = 66{,}8$	$\frac{24{,}0}{3{,}42}\cdot 2 = 14$	$\frac{20{,}58}{2{,}44}\cdot 11{,}1 = 93{,}6$	$\frac{23{,}02}{2{,}44}\cdot 2 = 19$
» + 10 % » ...	$\frac{14{,}95}{1{,}92}\cdot 5{,}55 = 43{,}3$	$\frac{16{,}87}{1{,}92}\cdot 2 = 17{,}6$	$\frac{21{,}3}{1{,}44}\cdot 5{,}58 = 82{,}5$	$\frac{22{,}74}{1{,}44}\cdot 2 = 31{,}6$	$\frac{21{,}39}{0{,}51}\cdot 5{,}58 = 233$	$\frac{21{,}8}{0{,}51}\cdot 2 = 85$

Nota. — Les valeurs des ε utilisées pour le calcul de K sont, dans la plupart des cas, des moyennes de plusieurs mesures.

différentes fournit des valeurs de K relativement proches pour les mêmes concentrations en eau entre 35 et 100 % : le choix plus ou moins arbitraire d'une cétone comparable à l'aldéhyde n'introduit qu'une divergence d'environ 3 % ; 3° compte tenu de toutes les possibilités d'erreurs, les constantes approximatives déterminées pour deux aldéhydes relativement proches sont d'ordres de grandeur suffisamment différents pour permettre de distinguer ces aldéhydes, à condition de les comparer pour une même concentration d'eau : on peut ainsi étudier les dérivés carbonylés insolubles dans l'eau pure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'hydrazine et de la semicarbazide sur les esters de l'acide β-benzoylacrylique.* Note de MM. **Raymond Delaby**, **Pierre Chabrier** et Mlle **Simone Danton**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il y a de notables différences dans l'action de l'hydrazine et de la semicarbazide sur les esters de l'acide β-benzoylacrylique et sur l'acide lui-même. Les expériences résumées dans cette Note confirment l'affaiblissement dans ses esters du pouvoir accepteur de la double liaison α-β de cet acide.

Nous avons précédemment indiqué ([1]) une préparation des esters β-benzoylacryliques par estérification directe de l'acide correspondant avec l'aide d'azéotropes, ainsi que les résultats de leur halogénation et de leur amination.

Poursuivant la comparaison des propriétés de ces esters avec celles de l'acide β-benzoylacrylique, nous rapportons ci-après l'étude de l'action de l'hydrazine et de la semicarbazide.

Concernant l'acide, et d'après J. Bougault et P. Chabrier ([2]), l'hydrazine se fixe sur la double liaison en conduisant à l'hydrazide (I), tandis que la semicarbazide donne, selon les conditions expérimentales, la semicarbazone (II) ou la semicarbazide (III)

$$C_6H_5-CO-CH(NH-NH_2)-CH_2-CO_2H \quad (I) \qquad C_6H_5-C(=N-NH-CO-NH_2)-CH=CH-CO_2H \quad (II)$$

$$C_6H_5-CO-CH(NH-NH-CO-NH_2)-CH_2-CO_2H \quad (III)$$

A. L'action de l'hydrate d'hydrazine sur les esters est toute différente. En milieu alcoolique ce réactif, introduit en excès, aboutit invariablement à l'obtention d'une même substance, fusible à 150°, quel que soit l'ester choisi.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2326.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1952.

Ce composé, très peu soluble à froid dans l'eau, l'alcool ou l'éther, est purifié par cristallisation dans l'alcool à 50°. Il absorbe facilement le brome et ne réduit pas le réactif de Nessler à froid. Ces faits, joints aux résultats de l'analyse élémentaire, conduisent à lui attribuer la structure d'une hydrazone-hydrazide (IV) :

$$\begin{array}{l} C_6H_5-C-CH{=}CH-CO-NH-NH_2 \\ \qquad\ \ \| \\ \qquad\ N-NH_2 \end{array} \quad \text{(IV)} \qquad\qquad \begin{array}{l} C_6H_5-C-CH_2-CHOH-CO_2H \\ \qquad\ \ \| \\ \qquad\ N-NH_2 \end{array} \quad \text{(V)}$$

De plus, traitée par l'acide chlorhydrique en milieu acétique, cette substance perd une molécule d'hydrazine, caractérisable à l'état de sulfate, et fixe les éléments de l'eau sur la double liaison; on aboutit ainsi à l'hydrazone de l'acide α-hydroxy β-benzoyl propionique (V). Ce résultat est à rapprocher du fait que J. Bougault obtint ce même acide par action, à chaud, des acides minéraux dilués sur l'acide β-benzoylacrylique.

Enfin, la substance (IV) fusible à 150° se combine aux aldéhydes et aux cétones pour donner des hydrazides-trihydrazones de structure (VI), confirmée par les analyses élémentaires :

$$\begin{array}{l} C_6H_5-C-CH{=}CH-CO-NH-N{=}CHR \quad (\text{ou } CRR') \\ \qquad\ \ \| \\ \qquad\ N-N{=}CHR \quad (\text{ou } CRR') \end{array} \quad \text{(VI)}$$

Aldéhyde ou cétone combinée.	Fusion de l'hydrazide-trihydrazone.
Benzaldéhyde	230°
Aldéhyde anisique	190
Vanilline	177
p-diméthylaminobenzaldéhyde	286
Acétophénone	210

B. Grace Potter Rice (3), étudiant l'action de la semicarbazide sur l'ester éthylique de l'acide β-benzoylacrylique, a isolé, selon les proportions relatives des corps réagissants, deux composés auxquels l'auteur attribue les structures (VII) et (VIII), composés fusibles respectivement à 187° et à 152° :

$$\begin{array}{l} \qquad\qquad\qquad NH-NH-CO-NH_2 \\ \qquad\qquad\qquad | \\ C_6H_5-C-CH_2-CH-CO_2C_2H_5 \\ \qquad\ \| \\ \qquad N-HN-CO-NH_2 \end{array} \quad \text{(VII)} \qquad\qquad \begin{array}{l} \qquad\qquad\qquad\qquad NH-NH-CO-NH_2 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad | \\ C_6H_5-CO-CH_2-CH-CO_2C_2H_5 \end{array} \quad \text{(VIII)}$$

Dans des conditions identiques, nous obtenons également deux composés distincts qui possèdent la même composition centésimale que les substances

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 222.

décrites précédemment; toutefois la semicarbazide-semicarbazone fond à température notablement plus élevée, 221° contre 187°, tandis que la semicarbazide a le même point de fusion 152°.

La continuation de cette étude comparée de la réactivité de la liaison éthylénique dans l'acide β-benzoylacrylique et dans ses esters, confirme les observations de notre première Note : la diminution du pouvoir accepteur de cette liaison dans les esters, singulièrement pour l'hydrazine.

MINÉRALOGIE. — *Sur la destruction spontanée des réseaux cristallins de minéraux radioactifs.* Note de M. **Paul Pellas**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les minéraux étudiés sont des minéraux radioactifs naturels. Les rayonnements qui interviennent sont les rayons α et les noyaux de recul. Nous négligerons les rayons β et γ qui n'exercent pas d'effets durables modifiant les caractéristiques des réseaux étudiés (le changement de couleur du zircon a très peu d'effets sur ses propriétés physiques). Les types de réseaux qui nous intéressent sont caractérisés par : *a*. leurs liaisons partiellement covalentes; *b*. leurs liaisons ioniques. Les effets de ces rayonnements sur l'état solide en général ont été étudiés qualitativement par différents auteurs ([1]) et d'une manière plus approfondie par F. Seitz ([2]).

Réseaux partiellement covalents. — Au-dessous d'un certain seuil de vitesse et plus précisément à partir de l'instant où la vitesse de la particule lourde est inférieure à la vitesse électronique de l'orbite la plus externe, la perte d'énergie par ionisation cesse brusquement et la particule vient à l'état de repos, après avoir effectué une série de chocs élastiques avec les atomes du réseau. Un atome frappé pourra à son tour, si son énergie acquise est suffisante, déplacer un nouvel atome du réseau et ainsi de suite jusqu'au moment où l'énergie de la particule primaire ou des atomes frappés secondaires et tertiaires, sera trop faible pour briser les liaisons des atomes dans le réseau. Ces *effets Wigner* ont pour résultat de déplacer de leur position réticulaire normale les atomes du réseau et de les placer en position d'insertion. Les vides réticulaires qui en résultent faciliteront ultérieurement les phénomènes de diffusion ([3]).

Le réseau cristallin se transforme d'un état où l'énergie libre était minimum en un état énergétique plus élevé, métastable. Si l'irradiation a été assez intense, la structure cristalline acquiert un caractère amorphe (*état méta-*

([1]) Burton, *J. Phys. Colloid Chem.*, **51**, 1497, p. 611; *Ann. Rev. Phys. Chem.*, **1**, 1950, p. 113; Allen, *Sci. Eng. Nucl. Power*, **2**, 1948, p. 207; Slater, *J. Appl. Phys.*, **22**, 1951, p. 237.

([2]) *Disc. Farad. Soc.*, **5**, 1949, p. 271.

([3]) Rozenquist et Garwick, *Geol. Förh. Stockholm*, **71**, 1949, p. 57.

micte); les rayons X ne révèlent plus de plans de réflexion privilégiée, la biréfringence disparaît, la dureté et la densité se modifient, le minéral devient optiquement vitreux. Mais il diffère d'un verre commun en ce sens que, si on lui fournit une certaine énergie d'activation, il recristallise imparfaitement (microcristallinité) au cours d'une réaction exothermique. Il s'ensuit que pour une même espèce minérale, la quantité de chaleur dégagée lors de la recristallisation est proportionnelle au flux reçu par le réseau, jusqu'à un certain point de la détérioration réticulaire, à partir duquel le taux de désordre ayant atteint son maximum, la réaction exothermique dégage une même quantité d'énergie pour des intensités de flux, même beaucoup plus importantes.

Réseaux ioniques. — Dans ce cas, les atomes du réseau déplacés par effet Wigner, réacquièrent presque instantanément une place équivalente à celle qui était la leur dans le réseau non perturbé. Cela explique pourquoi une uraninite vieille environ de 2 milliards d'années, et qui a reçu un flux équivalant à $5{,}6.10^{20}\ \alpha:\text{cm}^2$, présente encore dans ses diagrammes de poudre les raies caractéristiques de la symétrie UO_2. Il en est de même pour une xénotime (YPO_4) ayant subi une irradiation équivalant à $1.10^{19}\ \alpha:\text{cm}^2$, et une monazite (La, Ce, Y)PO_4 pour un flux équivalant à $2{,}7.10^{19}\ \alpha:\text{cm}^2$, qui maintiennent toujours leur structure cristallisée. Nous constatons ainsi que des irradiations extrêmement intenses de solides à liaisons ioniques, à la température normale, ne brisent pas la structure réticulaire de ces derniers. Plus précisément, le taux de reformation des mailles cristallines égale leur taux de destruction par effet Wigner.

Évaluations des flux de rayonnements. — Le résultat des calculs théoriques ([2]) appliqué au cas des noyaux de recul des radioéléments naturels, montre qu'un atome de recul primaire déplace, en moyenne, 1 000 atomes, dans les types de réseau qui nous intéressent, à la suite de chocs élastiques. D'une manière identique, le calcul permet de considérer qu'un rayon α déplace en moyenne 100 atomes du réseau.

En modifiant la formule établie pour l'autoradiographie par rayons α ([4]), on obtient en tenant compte du temps d'irradiation T (âge géologique du minéral évalué en secondes) et de l'effet de destruction dix fois plus intense dû aux noyaux de recul :

$$N = (4{,}25\,U + 1{,}21\,Th)\,K'T,$$

où N représente le flux équivalent de rayons α émis dans l'angle solide 4π par une couche de minéral de 1 cm² de surface et d'épaisseur égale au parcours moyen des rayons α dans le minéral, U et Th le pourcentage en uranium et en thorium du minéral, K′ un coefficient d'absorption dépendant de la concen-

([4]) I. Curie, *J. Phys.*, 11, 1946, p. 313; Nogami et Hurley, *Trans. Amer. Geophys. Union*, 29, 1948, p. 335; Coppens, *Bull. Soc. Miner.*, 73, 1950, p. 217; Picciotto, *Bull. Soc. Belge Géol.*, 58, 1949, p. 76.

tration C, du pouvoir d'arrêt s et du poids atomique A des constituants du minéral, de telle sorte que $K' = 0{,}85/[\Sigma(C_s/A)]$.

Nous avons étudié trois espèces minérales qui, dans la plupart des cas, présentent la transformation en l'état métamicte. Les intensités minimum de flux nécessaires à la modification des réseaux originellement anisotropes de ces trois minéraux, en réseaux optiquement amorphes, sont :

Allanite : $H(Ca, Fe)_2(Al, Fe, Ce, Y)_3Si_3O_{12}$	$2{,}3(\pm 20\,\%).10^{17}\,\alpha:cm^2$
Fergusonite : $(Y, Er)_8(Nb, Ta, Ti)_8O_{32}$	$4(\pm 20\,\%).10^{17}$ »
Thorite : $ThSiO_4$	$1(\pm 10\,\%).10^{19}$ »

L'allanite et la fergusonite présentent des stabilités réticulaires assez proches l'une de l'autre. La thorite présente une stabilité réticulaire bien plus grande que les approximations faites ne sauraient expliquer. Nous suggérons que la cause de cette plus grande stabilité doit être recherchée dans le caractère ionique plus marqué des liaisons internes du réseau $ThSiO_4$.

MINÉRALOGIE. — *Recherches sur les conditions de formation des alumino-silicates ferreux d'origine secondaire.* Note de Mme **Marthe Birdsall (Proix-Noe)**, présentée par M. Charles Mauguin.

Des alumino-silicates ferreux stables peuvent être préparés en milieu marin et ils ont tendance à s'organiser suivant une structure définie. Leur organisation cristalline et leur déshydratation peuvent être modifiées par un vieillissement artificiel du colloïde primitif.

Les conditions physico-chimiques de la genèse des alumino-silicates ferreux hydratés (glauconie, céladonite, greenalite) ont donné lieu à de nombreuses spéculations (1). La glauconie est le minéral qui a été le plus étudié. Tous les auteurs sont d'accord pour lui reconnaître une origine marine. Elle paraît se former dans des fonds marins allant de 20 m à 200 m. A ces profondeurs, on peut supposer que l'évolution des matières organiques ainsi que l'activité des associations biologiques crèent un milieu pauvre en oxygène avec des variations locales de pH (2).

C'est en considérant ces facteurs qu'il a été essayé de reconstituer les conditions de formation d'un alumino-silicate ferreux hydraté.

Mode opératoire. — De l'eau de mer simple ou diluée a été prise comme milieu, considérant avec Hendricks et Ross (1), qu'elle pouvait éventuellement fournir le magnésium et le potassium. Le fer, l'alumine et la silice provenant de l'altération des roches ont été fournis par les sulfates correspondants et le

(1) Murray et Renard, *Challenger Report*, 1891, p. 378; E. W. Galliher, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1935, p. 1351; F. Jollifee, *Amer. Min.*, 20, n° 6, 1935, p. 405; S. B. Hendricks et C. S. Ross, *Amer. Min.*, 26, 1941, p. 683.

(2) Zoell, *J. Sediment. Petrology*, **12**, 1942, p. 127.

silicate de potassium. La neutralisation des ions libérés par la précipitation s'est faite avec une solution de potasse normale. Les proportions utilisées sont dans un rapport stœchiométrique dans la mesure où les éléments constitutifs de la glauconie peuvent l'être.

En prenant pour bases les travaux de M. Sabatier et de J. W. Gruner [3], il a été adopté les pourcentages moyens suivants : SiO_2, 50 % ; Fe_2O_3, 13 % ; FeO, 7 % ; Al_2O_3, 10 % ; MgO, 3 % ; K_2O, 7 %.

Si l'on effectue une coprécipitation partielle du fer ferreux et de la silice par le silicate dilué, puis la précipitation progressive de la silice par l'eau de mer contenant Fe^{+++} et Al^{+++}, le pH évolue vers les zones acides. En ajustant le pH entre 7,6 et 8,3 tout Fe^{++}, Fe^{+++} et Al^{+++} précipitent, on obtient un produit vert « glauconieux » qui s'oxyde lentement à l'air. Une ébullition rapide de 50 mn stabilise le gel qui sèche à l'air sans s'altérer. Différents modes de vieillissement du gel ont été essayés. On a des résultats intéressants en traitant le gel avec de l'acétone et de l'éther ou à l'autoclave pendant 3 h sous 2,5 atm de pression.

Résultats. — Suivant le mode de traitement après l'ébullition on obtient des produits allant du gris vert ou jaune pâle au vert « glauconieux ».

Les gels traités par l'acétone et l'éther ont donné à l'analyse aux rayons X des diagrammes de poudres identiques, avec une raie à 8,13 Å et une ébauche de raies difficiles à apprécier sur deux échantillons, mais tout à fait identifiables sur le troisième. Ils contiennent de 30 à 40 % d'eau. Les produits traités à l'autoclave sont verts « glauconieux », ils ne contiennent plus que 12 à 14 % d'eau. Cependant les diagrammes ne donnent que quelques raies assez étalées indiquant un début d'organisation.

Produit A $\left(\frac{\text{acétone}}{\text{éther}}\right)$ (Å).	Produit B (autoclave) (Å).	Produit A $\left(\frac{\text{acétone}}{\text{éther}}\right)$ (Å).	Produit B (autoclave) (Å).
8,13 tF	–	2,88 f	2,60 f
4,92 tF	4,60 F	2,59 f	1,69 tF
4,46 m	–	1,27 tF	1,52 tF

Le tableau ci-dessus met en évidence l'évolution des produits suivant le mode de vieillissement adopté. Les spectres de rayons X sont différents. Le nombre de raies dans le diagramme de A ainsi que leur netteté montrent une organisation cristalline beaucoup plus avancée que dans le produit B.

Ce n'est que par la connaissance des facteurs qui entrent en jeu au moment du vieillissement que l'on pourra déterminer les différentes possibilités d'organisation cristalline du colloïde et orienter la cristallisation dans le sens recherché.

---

(3) G. Sabatier, *Thèse*, 1949, Masson, Paris; J. W. Gruner, *Amer. Min.*, 20, 1935, p. 699.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des complexes détritiques subbriançonnais dans la région du col de la Seigne (frontière franco-italienne au Sud-Ouest du Mont-Blanc).* Note (*) de M. **Reynold Barbier**, présentée par M. Maurice Gignoux.

De nouvelles découvertes de fossiles montrent que les brèches du col de la Seigne, attribuées par S. Franchi au Lias, sont en réalité post-liasiques.

Dans une Note récente ([1]), j'ai étudié la prolongation en Italie et en Suisse des unités penniques externes que j'avais définies antérieurement en France, entre Pelvoux et Mont-Blanc, et groupées sous la dénomination de « zone subbriançonnaise » ([2]).

Mais il restait une lacune d'observation concernant le col de la Seigne, lacune que cette Note est destinée à combler à la suite d'une récente tournée faite en compagnie de P. Elter qui étudie actuellement la région comprise entre Courmayeur et le col de la Seigne.

Je rappelle que, pour S. Franchi, l'épaisse série de schistes, grès et brèches affleurant au col de la Seigne et plus au Sud appartenait au Lias, alors que pour moi elle ne pouvait être que post-liasique; je proposais de la désigner sous le nom de « Flysch de Tarentaise » ([1]), dont l'âge pourrait être, soit partiellement crétacé, soit entièrement nummulitique comme le voulait H. Schœller (1929).

S. Franchi se basait pour cela sur ses découvertes de *Bélemnites* près du Petit-Saint-Bernard (Alpe Verney) et au col de la Seigne. Je ne reviendrai pas sur les premières, qui se trouvent dans des terrains dont j'ai montré, après H. Schœller (suivi par F. Hermann, puis par P. Termier), qu'ils appartiennent à une tout autre unité, et je n'envisagerai que les secondes.

Malgré les démarches qu'a bien voulu faire pour moi M. le Professeur G. B. Dal Piaz, de Padoue, l'échantillon récolté par S. Franchi ([4]), et que n'avait pu voir H. Schœller ([3]), n'a pu être retrouvé. Nous ne pouvons donc nous baser que sur ce qu'en avait écrit alors l'auteur, à savoir que ces *Bélemnites* avaient été récoltées dans des brèches intercalées dans des calcschistes et provenant d'un point assez mal défini, mais voisin du col ([3]) et ([4]).

Une récente précision a été apportée, sur ce point, par la trouvaille

---

(*) Séance du 19 novembre 1951.

([1]) *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, 29, 1951, p. 6.

([2]) *Mém. Carte Géol. Fr.*, 1948.

([3]) *Bull. Carte Géol. Fr.*, 33, 1929, p. 282 et 280.

([4]) *Boll. R. Com. geol. Italia*, 4e série, 2, parte uff., p. 35-39.

d'une nouvelle *Bélemnite* récoltée par M. Ferrante [5]. Avec P. Elter, témoin de cette trouvaille, j'ai pu revoir le bloc de brèche d'où avait été extrait l'échantillon sur le sentier descendant du col vers la maison des douaniers italiens à environ 200 m au-dessus de celle-ci. Il s'agit de la barre des brèches qui passe derrière cette maison et se prolonge, sur le versant français, jusqu'aux Chapieux : ce sont les brèches situées à la base du « Flysch » et la *Bélemnite* se trouvait dans un élément de ces brèches, du reste très pauvre en ciment.

Sur le versant français, au Nord-Est des Mottets, le sentier du col traverse un replat jonché de blocs éboulés de cette même barre de brèches qui se prolonge jusqu'aux Chapieux. On y observe de gros éléments, plus ou moins roulés et polis, de calcaires spathiques noirs, très caractéristiques du Lias de la « nappe des Brèches de Tarentaise » (Villette, Étroits du Saix, Niélard, etc.). Avec P. Elter, puis seul, j'ai trouvé dans ces blocs une section de *Bélemnite* et de nombreuses sections de *Lamellibranches*, une section d'*Ammonite* et une *Pentacrine*.

De ces nouvelles découvertes on peut donc déduire que les *Bélemnites* trouvées par S. Franchi l'ont été très probablement dans cette même barre de brèches ou dans une lentille identique qui affleure près du col. Or, il n'y a aucun doute que *ces fossiles se trouvent dans des éléments de Lias remaniés et non dans le ciment* : si ce dernier en contenait, ce ne pourrait donc être qu'à l'état de « galets » et non de fossiles contemporains de la formation de ce terrain.

Quelques jours plus tard, avec J. Crosnier-Leconte, j'ai découvert une nouvelle *Bélemnite* dans un bloc de calcaire identique, aux chalets des Combes, au-dessus de Cret-Bettex, entre les Chapieux et Bourg-Saint-Maurice; là encore, il s'agit d'un bloc liasique remanié dans la brèche de base du « Flysch de Tarentaise » (notée *ec* sur la Carte au 1/50 000 de Bourg-Saint-Maurice due à H. Schœller).

Il est intéressant de noter à ce propos la liaison existant entre ces conglomérats et le substratum sur lequel ils sont transgressifs; c'est précisément dans les zones où le Lias, complètement érodé, manque dans le substratum (anticlinal de Cret-Bettex et zone comprise entre les Chapieux et les Pyramides calcaires) que l'on trouve les plus gros et les plus nombreux blocs et galets de calcaires liasiques.

Ces récoltes nouvelles de fossiles liasiques, non pas dans le ciment mais dans les fragments rocheux, montrent bien que *les brèches du col de la Seigne ne peuvent être liasiques*, comme le voulait S. Franchi, mais sont, sans aucun doute possible, post-liasiques.

Le col de la Seigne ne constitue donc pas une exception; la série y est

---

[5] *Riv. ital. Paleontol.*, 56, n° 4, 1950, p. 171.

bien identique à celle que H. Schœller (1929) et moi-même (1951) avons décrite en Tarentaise et que j'ai retrouvée aux Pyramides calcaires, toutes proches (6).

GÉOLOGIE. — *Sur le complexe cristallin de la partie occidentale des Landes de Lanvaux (Morbihan), et son prolongement possible vers l'Ouest.* Note de **M. Jean Cogné**, transmise par M. Alexandre Bigot.

Le massif granitique des landes de Lanvaux a été étudié surtout dans sa partie orientale par Mlle Faure-Muret qui, reconnaissant son caractère ancien, conclut à sa mise en place syntectonique des mouvements cadomiens, lesquels auraient finalement provoqué leur écrasement (1). Il n'est pas dans mon intention de revenir actuellement sur ces conclusions, cette étude entrant dans le cadre de celle, plus générale, que je poursuis sur l'ensemble des granites et des schistes cristallins de la Bretagne méridionale. Je voudrais attirer ici l'attention sur le caractère particulier de la partie occidentale de ce massif, dont la constitution montre deux faciès s'interpénétrant et, en général, bien tranchés : un granite orienté ou écrasé de grain peu développé, et des « gneiss œillés » déjà signalés par Mlle Faure-Muret et interprétés par elle comme une recristallisation de ce granite avec apport pneumatolytique lui donnant une composition différente.

L'étude du terrain, l'aspect extérieur de la roche, son étude microscopique ne me semblent pas démontrer une telle recristallisation. Les « gneiss œillés » paraissent, au contraire, originellement différents du granite, tous deux ayant subi, par la suite, les contre-coups d'une même tectonique ancienne.

Extérieurement, l'état cataclastique de ces gneiss n'est pas toujours évident. L'aspect général est celui d'une roche très feldspathique dont les cristaux peuvent atteindre jusqu'à 3 cm, tandis que le quartz et les micas forment une sorte de trame fine et discontinue, ressortant mal sur le fond habituellement clair de la roche. Celle-ci se présente en blocs massifs se débitant mal suivant des plans qui ne sont pas toujours ceux de la schistosité peu visible. Dans l'ensemble, les micas sont peu abondants, essentiellement de la biotite, réunis en mouchetures d'éléments fins, la roche pouvant, très souvent, prendre un aspect franchement leptynitique. Localement, la biotite arrive à être plus fréquente.

Au microscope, ces gneiss apparaissent composés de quartz déformés, souvent broyés très finement et parfois plus ou moins recristallisés, englo-

(6) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 746.

(1) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1944, p. 279-306.

bant les feldspaths abondants et de grande taille, essentiellement du microline finement maclé et très perthitique, et moins fréquemment de l'albite-oligoclase. *La perthitisation du microcline est un caractère constant et remarquable*, l'albite de substitution arrivant à former parfois presque la moitié de la surface du cristal. Ces feldspaths sont tous déformés ou brisés et ressoudés par du quartz. On note parfois quelques petits cristaux d'albite plus récents. La biotite, localement abondante, est assez peu fréquente dans la masse générale et se trouve réunie en traînées, filets ou mouchetures de petits éléments déformés ou déchiquetés, parfois chloritisés. La muscovite est pratiquement inexistante, mais on trouve localement de la séricite fine en traînées discontinues.

Tels quels ces gneiss ressemblent de façon frappante aux migmatites du Belon, dont j'ai déjà plusieurs fois souligné le caractère très particulier et qui se sont formées anciennement dans un faciès leptynitique des micaschistes inférieurs. Cette ressemblance se marque autant dans leur aspect extérieur (il est souvent bien difficile de distinguer les deux roches autrement que par la teinte, en général, plus rose des migmatites du Belon), que dans leurs caractères microscopiques et leur composition minéralogique. La cataclase est cependant moins marquée dans les migmatites sur des zones assez étendues. Par ailleurs, on note le même caractère leptynitique, les mêmes feldspaths (dont les microclines abondants *très perthitiques*), la même disposition et la même proportion des micas et du quartz.

Or, il est important de remarquer que ces faciès œillés du complexe cristallin de Lanvaux se trouvent justement situés à peu de choses près dans le prolongement vers l'Est des migmatites du Belon, lesquelles se trouvent à une quarantaine de kilomètres de là. Un léger décalage du massif de Lanvaux vers le Nord ne nous étonnera pas outre mesure si l'on remarque que la tectonique hercynienne recoupe transversalement cet alignement (²). D'ailleurs, des pointements intermédiaires, sortes de reliques dans des formations cristallophylliennes plus récentes, apparaissent entre ces deux massifs, tant dans les migmatites de Cornouailles (au Nord de Cléguer on retrouve des roches absolument identiques aux migmatites du Belon), que dans la zone écrasée axiale hercynienne (région de Languidic, par exemple, où j'ai pu repérer des faciès analogues encore reconnaissables bien que très déformés).

Il y aurait donc ainsi une ancienne ligne structurale, orientée Est-Ouest, d'âge vraisemblable cadomien, s'allongeant depuis la région de Concarneau (on trouve les migmatites du Belon en enclave dans le granite de Trégunc

---

(²) *Voir* la carte publiée dans ma Communication sur les schistes cristallins de la Bretagne méridionale au Congrès des Sociétés Savantes en mars 1951 (sous presse).

au Sud-Est de cette ville), jusqu'au Nord de Redon, et recoupée transversalement par les lignes directionnelles hercyniennes orientées suivant la direction de Cornouailles (120°). La forme anticlinale de cette formation cadomienne a été soulignée par Mlle Faure-Muret et c'est là que sont montées les migmatites du Belon et les gneiss œillés de Lanvaux, ainsi que le granite de Lanvaux, ces deux derniers s'interpénétrant de façon intense dans la région de Camors et de Colpo. Si cette hypothèse déjà bien étayée se trouve confirmée par la suite, il y aurait peut-être ainsi une meilleure possibilité de dater certaines des formations cristallophyliennes de la Bretagne méridionale qui se trouvent être discordantes avec cette formation antérieure.

GÉOLOGIE. — *Présence d'un bonebed à la base du calcaire à Cératites.* Note de M. **Nicolas Théobald**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans le complexe du calcaire coquillier principal du Trias moyen, on distingue notamment le calcaire à entroques et le calcaire à Cératites.

De nombreux auteurs ont constaté que cette distinction était en certains endroits difficile à faire, car les entroques manquent souvent et les Cératites sont parfois totalement absents. Il est alors fait appel à des caractères lithologiques, tels que l'épaisseur des bancs, la présence de vermiculures, le grain de la roche. Lorsqu'on les applique en partant d'un repère sûr et qu'on les étend de proche en proche, on arrive à des résultats acceptables. Mais, en général, les affleurements sont trop éloignés pour permettre de faire des rapprochements sérieux.

Les auteurs wurtembergeois terminent la série du calcaire à entroques avec un banc à Spiriférines. Ce dernier n'a pas été identifié en Lorraine.

Dans la région de Sarreguemines et en Sarre, la partie inférieure du calcaire à entroques se caractérise aisément par ses gros bancs parfois bourrés d'entroques.

A la partie supérieure, les marnes deviennent plus importantes et il apparaît parfois difficile de préciser la limite inférieure du calcaire à Cératites plus marneux et en dalles plus minces. Certains auteurs parlent parfois de 15 à 20 m de calcaire à entroques, alors que son épaisseur oscille entre 6 et 8 m. Ce résultat a été acquis à la suite de la trouvaille de Cératites à moins d'un mètre au-dessus des derniers bancs bourrés d'entroques, ce qui permet d'identifier des bancs repères grâce auxquels il est possible de limiter les assises de proche en proche.

A la suite d'études minutieuses de cette zone limite, j'ai découvert récemment un bonebed à la base du calcaire à Cératites.

A Bérus, près de Sarrelouis, ce bonebed se place à 10 cm au-dessus du dernier banc à entroques. Il a été retrouvé à Niedaltroff dans une position identique. Niedaltroff se trouve à 10 km au Nord-Ouest de Berus; la coupe

du calcaire à entroques se superpose à celle de Berus. En le recherchant systématiquement, j'ai identifié le bonebed :

1° à Lixing-les-Rouhling et à Grosbliederstroff au Nord de Sarreguemines;

2° à Sarreunion et à Sarrewerden;

3° à Xouaxange, près de Sarrebourg;

4° à Jeuxey, près d'Épinal;

5° au Sud de Mont-les-Lamarche et à Villars-Saint-Marcellin, près de Bourbonne-les-Bains;

6° entre Vauvillers et Mailleroncourt, puis à Bouligney, dans les environs de Saint-Loup-sur-Semouse;

7° à Granges-le-Bourg et au Moulin de Cude entre Villersexel et Héricourt;

8° à Ottrott, dans le Bas-Rhin.

En conclusion, un bonebed formé de dents et d'écailles de poissons a pu être identifié à la base du calcaire à Cératites en Sarre, en Lorraine et tout autour du massif vosgien. Ce bonebed se trouve, en général, dans un calcaire terreux, plus ou moins sableux, parfois micacé. Lorsque les traces de remaniement sont moins nettes, les écailles et les dents sont disséminées sur une certaine hauteur.

Nulle part ce bonebed n'a été trouvé dans la masse de calcaire à entroques. Son apparition correspond donc à un changement des conditions paléobiologiques et sa grande extension souligne l'importance de ces modifications.

Notons que d'autres bonebeds sont connus vers le sommet du calcaire à Cératites et dans les dolomies de la Lettenkohle. Ces derniers ont aussi une position stratigraphique assez précise.

L'intérêt du bonebed signalé à la base du calcaire à Cératites est, d'une part, de fournir un repère permettant de fixer la limite entre les calcaires à entroques et les calcaires à Cératites. D'autre part, il souligne le changement des conditions de sédimentation. A Berus, il apparaît nettement qu'il témoigne de mouvements locaux du fond sous-marin. Bien que de faible amplitude, ces mouvements ont été assez importants pour se faire sentir sur tout le pourtour du massif vosgien.

GÉOLOGIE. — *A propos de la brèche de Médous (Hautes-Pyrénées).*
Note de M. **Pierre Hupé**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La reprise de l'exploitation de la brèche de Médous comme matériau d'ornement m'a conduit à réétudier ses affleurements à la lumière des connaissances acquises dans ces dernières années sur la géologie régionale.

Malgré quelques complications tectoniques, les conditions de gisement sont assez simples.

A l'Ouest, la brèche s'applique stratigraphiquement sur la dolomie du Jurassique moyen et comporte exclusivement de petits éléments de cette dernière, disséminés dans un ciment de calcaire clair; incontestablement sédimentaire, cette brèche représente le faciès de base typique de l'Urgo-Aptien transgressif. Lorsqu'on s'éloigne du contact, la taille des éléments dolomitiques augmente rapidement et l'on voit apparaître, avec quelques fragments de marne micacée liasique, de très nombreux éléments anguleux de calcaire urgo-aptien dont la taille peut atteindre 45 cm. Fait remarquable, bon nombre d'entre eux montrent des traces indubitables d'une fracturation antérieure à leur dépôt.

Vers l'extrémité Sud de l'affleurement, le faciès précédent passe brusquement à une brèche où, à côté de fragments de calcaire jaune du Lias inférieur, prédominent de grands éléments d'un schiste dur, plus ou moins foncé, certainement paléozoïque, et d'énormes blocs d'un calcaire gris, rubané de blanc, très marmorisé, probablement dévonien. Les argiles du Keuper affleurent à la limite du rocher et des alluvions de l'Adour.

Si, partant de là, on se rapproche du centre de la carrière, on voit la brèche se charger progressivement de morceaux de serpentine; le ciment devient de plus en plus subordonné et l'on atteint finalement un affleurement de serpentine massive.

Il ressort de ce rapide examen que : 1° la formation de la brèche urgo-aptienne est contemporaine de mouvements importants, puisqu'elle englobe de l'Urgo-Aptien mylonitisé; 2° à en juger par la répartition, la nature et la granulométrie des éléments, ces mouvements vont progressivement en s'amplifiant jusqu'à amener le socle paléozoïque à un niveau tel qu'il puisse alimenter la sédimentation bréchique; dans l'hypothèse d'une faille sous-marine verticale, le rejeu de cette dernière, étalé sur la durée de l'Urgo-Aptien, serait de l'ordre de 300 m.

En ce qui concerne la serpentine, on peut affirmer qu'elle est anté-aptienne puisqu'elle fournit des éléments à la brèche [1] et post-paléozoïque, car aucune roche de cette nature n'est connue dans le Primaire de la Bigorre. On peut même, semble-t-il, préciser davantage. On constate, en effet, que la dolomie jurassique, habituellement noire, se trouve, en partie ou en totalité, décolorée là où elle sert de substratum à la formation. Tout se passe comme si le pigment d'hydrocarbure avait été chassé par une distillation qu'il est raisonnable d'attribuer à un léger métamorphisme dû à la mise en place de la roche verte. Cet événement serait donc survenu entre le Jurassique et le Crétacé inférieur. C'est peut-être aussi de cette

---

(1) Une brèche urgo-aptienne renfermant quelques éléments serpentineux s'observe également à quelques centaines de mètres au Nord du village de Neuilh, dans une lame anticlinale qui perce les schistes crétacés.

époque que date la picrite signalée par P. Viennot près d'Argelès (²) au contact des calcaires jaunes du Lias inférieur qu'elle métamorphise et, d'une façon plus générale, un certain nombre des roches ultrabasiques signalées dans les Pyrénées.

GÉOLOGIE. — *Présence de la scheelite dans les zones de contact des granites hercyniens des Pyrénées*. Note de MM. **Jean-Paul Destombes**, **Gérard Guitard** et **Jean Lougnon**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Jusqu'ici, on connaissait un seul indice (¹) de scheelite dans les Pyrénées, trouvé dans une ancienne galerie ouverte pour la recherche de minerais de Pb et de Cu entre Saint-Lary et Tramezaygues (Hautes-Pyrénées; feuille de Luz, quart Sud-Est). Cet indice n'est plus visible actuellement, mais, dans une recoupe creusée récemment pour dépôt d'explosifs, l'un de nous (J. L.) a remarqué, grâce à l'emploi de la lampe à ultraviolet, plusieurs mouches disséminées de scheelite. La roche est un calcaire recristallisé du Dévonien moyen en position synclinale entre des schistes gris, ardoisiers, du Dévonien inférieur. A la scheelite est associé du quartz et, dans les bancs voisins tant calcaires que schisteux, il y a des grains de pyrrhotine. Le massif cristallin le plus voisin en affleurement est le granite du Néouvielle. A son contact immédiat, le Dévonien est transformé en une bande de cornéennes comprenant notamment des cipolins, des calcaires silicifiés, des grenatites et des épidotites.

Toujours grâce à l'emploi du même procédé, deux nouveaux indices viennent d'être découverts. Le premier se trouve dans une galerie creusée dans la montagne de Couartaou (Haute-Garonne; feuille de Luchon, quart Sud-Ouest). La formation, située dans la zone de contact du granite du Lys-Caillaouas et rapportée par l'un de nous (J. P. D.) (²) au Cambrien probable, est composée de bancs peu épais (0,10 à 0,15 m) de cipolin alternant avec des schistes quartzitiques. La scheelite se rencontre dans un lit de grenatite encaissé dans un des bancs de cipolin. La paragenèse comprend : grenats (andradite grossulaire), clinopyroxènes, zoïsite et épidote, sphène, quartz et calcite interstitiels. Le deuxième indice nouveau a été trouvé par l'un de nous (G. G.) (³) dans la région du pic de Costabonna, à l'Ouest de La Preste (Pyrénées-Orientales; feuille de Prades, quart Sud-Est). Là, le massif de granite de Mantet-Roja a provoqué, dans des calcaires

---

(²) *Bull. Serv. Carte géol. de France*, **30**, n° **163**, 1927, p. 66.

(¹) E. Jannettaz et H. Goguel, *B. S. F. M.*, **9**, 1886, p. 39.
(²) *C.R.S. S.G.F.*, n° **3**, 1951, p. 40-42.
(³) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1307.

dolomitiques d'âge paléozoïque indéterminé, la formation d'un skarn où domine l'andradite associé au diopside-hédenbergite, à l'idocrase, à la wollastonite, à la hornblende et à la ludwigite. Des amas de magnétite, situés au contact du granite et du skarn, sont riches en apatite et renferment de la scheelite en petits éléments disséminés. La teinte de fluorescence est jaune, ce qui indique la présence de molybdène (seyrigite) et l'on peut faire un rapprochement avec la molybdénite liée à des idocrasites qui a été décrite [4] sur le versant espagnol, près d'Espinabell.

Dans les trois cas, tant à Saint-Lary qu'à Couartaou et Costabonna, il ne s'agit encore que d'indices, mais, tels qu'ils ont été décrits, ces indices constituent déjà un fait intéressant. Tous trois sont situés en bordure de trois massifs différents de granites hercyniens (Néouvielle, Lys-Caillaouas, Mantet-Roja), soit à proximité immédiate (Couartaou et Costabonna) dans une zone de métamorphisme de contact intense, soit beaucoup plus loin (Saint-Lary) dans une zone où le métamorphisme de contact est atténué. En raison de la nature plus ou moins calcaire de la roche encaissante, le tungstène s'est fixé directement à l'état de scheelite, minéral qui passe facilement inaperçu lorsqu'on ne dispose pas de la lampe spéciale à ultraviolet.

Il semble que, dans les Pyrénées, comme au Maroc où des études récentes l'ont mis en évidence [5], l'existence d'une minéralisation en tungstène en relation avec des granites hercyniens constitue un phénomène d'une certaine généralité. Les observations précédentes ouvrent ainsi un nouveau et vaste champ de recherches pour les minerais de tungstène en France.

GÉOLOGIE. — *Tectonique des environs de Teniet-el-Haad (Algérie).* Note de M. **Maurice Mattauer**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La région de Teniet-el-Haad, située à la limite de l'Atlas tellien et de la bordure des Hauts-Plateaux, était inconnue au point de vue tectonique. La carte géologique au 500 000e, seul document existant, ne révélait aucun des accidents géologiques de ce territoire. Nos levers au 50 000e et au 20 000e ont permis de mettre en évidence une structure assez complexe. Celle-ci est due à la combinaison de deux systèmes tectoniques, en partie indépendants.

Les schistes crétacés, épais de plusieurs milliers de mètres, sont affectés

---

(4) Caldéron, *Los minerals de España*, I, Madrid, 1910 et Tomas, *Els minerals de Catalunya*, Barcelone, 1915.

(5) *Cf.* J. Agard et Ph. Morin, *S. G. Maroc*, Mém., nº 74, 1950, p. 159-162; F. Permingeat, H. et G. Termier, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1155; F. Permingeat, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 92.

de plis à grand rayon de courbure. De rares cassures apparaissent contemporaines de ce système de plissement de type tellien. Ces unités sont coupées par des champs de failles qui marquent, dans l'ensemble, une limite entre les plis crétacés, typiquement telliens, et le système tectonique de la bordure des Hauts-Plateaux, où affleurent le Crétacé supérieur et le Tertiaire.

1. *Les plis telliens.* — A quelques kilomètres au *Nord de Teniet-el-Haad*, le vaste flanc monoclinal de l'Amrouna (A), affecte l'épaisse série du Crétacé inférieur et moyen (les calcaires aptiens forment le sommet du massif). Ce monoclinal est orienté NE-SW. Il est dépourvu de cassures importantes, sauf au pied de l'Amrouna où l'on peut suivre, sur une dizaine de kilomètres, une importante faille (*f*) orientée, elle aussi, NE-SW. Au Nord de cette dernière, la disposition monoclinale précédente, assez simple, est remplacée par une structure plus confuse.

A l'*Est de Teniet*, se voit la fermeture méridionale d'un vaste anticlinal (B), à axe crétacé inférieur, qui montre des terrains allant jusqu'aux calcaires aptiens.

L'orientation générale de cet accident est N-S; il est affecté par des failles de faible importance et par des cassures secondaires, sauf aux abords de la grande faille (*a*) limitant ce massif dans sa partie méridionale.

2. *Les failles.* — Au Sud-Est de Teniet-el-Haad, en bordure de l'anticlinal Nord-Sud, le Miocène est transgressif sur les niveaux antérieurs jusqu'à l'Aptien. L'importante faille (*a*), orientée NW-SE, fait buter, au Kef-Mezioud, ce Miocène contre du Crétacé supérieur où peut être mis en évidence du Sénonien.

A l'Est de Teniet-el-Haad et au voisinage immédiat de cette ville, une faille (*b*), grossièrement Nord-Sud, se raccorde à un réseau découpant plus au Sud, les terrains du Crétacé supérieur et du Tertiaire.

La faille (*b*), de direction N-S, est arrêtée au Nord, par une troisième faille (*c*); cette dernière, grossièrement E-W, s'incurve, plus à l'Est, en prenant une direction NE-SW. Elle limite ainsi l'anticlinal (B) dans sa partie septentrionale. Le monoclinal de l'Amrouna (A) est bordé, dans sa partie méridionale, par une quatrième faille (*d*), d'abord E-W, puis de direction NE-SW.

Les deux failles (*d*) et (*c*) délimitent ainsi un fossé tectonique, séparant les deux plis A et B. Vers l'Ouest ce fossé, qui n'est plus bordé au Sud par l'anticlinal crétacé, perd son individualité.

Au Nord-Est de Teniet (Rhiles-el-Rharbi), un quadrillage très serré de failles paraît dû à l'intersection de deux réseaux; le réseau Nord-Ouest-Sud-Est coupe, en effet, le champ de failles, parallèle aux bords du fossé, qui s'incurve de l'Est-Ouest au Nord-Est-Sud-Ouest.

Des failles Nord-Sud, analogues à celles déjà citées, traversent encore cet ensemble.

Du Trias dyapirique monte le long de cet ensemble de failles et apparaît au hasard, au milieu des affleurements de Crétacé supérieur, c'est-à-dire dans des zones à forte épaisseur de sédiments.

Nous verrons dans des Notes ultérieures, comment le style tectonique si curieux de la région de Teniet-el-Haad s'étend sur les régions voisines et comment il peut être interprété.

PÉDOLOGIE. — *Étude de quelques altérations de la phlogopite à Madagascar.* Note de M[lle] **Simonne Caillère** et M. **Stéphane Hénin**, présentée par M. Albert Demolon.

Les micas étant des silicates très répandus, il était intéressant d'établir les types de minéraux qui pouvaient résulter de leur altération. Ayant recueilli, au cours d'une mission à Madagascar, des phlogopites et leurs produits de transformations, nous avons pu entreprendre une telle étude.

Une série d'échantillons a été prélevée dans la région d'Isoanal. Il s'agit de fragments de phlogopite qui gisaient près de l'entrée d'une galerie de mine abandonnée depuis dix ans. Le matériel a l'aspect d'un produit terreux fin mélangé à de minces feuillets de mica profondément modifiés puisqu'ils sont parfaitement blancs. Ce matériel a été fractionné, soumis ensuite à l'examen aux rayons X, aux méthodes thermiques et, enfin, sa composition chimique a été établie par l'analyse.

Ces méthodes montrent que les fractions les plus grossières sont encore de nature micacée, bien qu'ayant perdu une quantité très importante de leurs éléments alcalins. Par contre, leur couche tétraédrique s'est enrichie en silice.

Les éléments les plus fins dont la taille est $< 2\,\mu$, sont constitués par un mélange de 70 % de montmorillonite et de 30 % de kaolinite. Les formules structurales de ces minéraux sont les suivantes :

Phlogopite............	$[(Si_{2,82}Al_{1,18})(Al, Fe^{+++})_{0,27}(Mg_{2,64})]O_{11}(K, Na)_{1,05}$
Mica altéré............	$[(Si_{3,24}Al_{0,76})(Al, Fe^{+++})_{0,56}(Mg_{2,25})]O_{11}(K, Na)_{0,52}$
Montmorillonite........	$[(Si_{3,42}Al_{0,58})(Al, Fe^{+++})_{0,82}(Mg_{1,80})]O_{11}(K, Na)_{0,53}$

Elles font ressortir l'appauvrissement des minéraux en éléments alcalins, l'enrichissement de la couche tétraédrique en silice, enfin l'évolution d'un minéral du type trioctaédrique vers une phyllite de type dioctaédrique. Ce remaniement profond de la structure qui va probablement jusqu'à la recristallisation est confirmé par une perte considérable en fluor qui passe de 0,68 à 0,10. Nous soulignerons ce résultat, car le fluor occupant la place d'un oxhydrile dans la couche octaédrique paraît un bon indice de l'alté-

ration de la structure. Rappelons d'ailleurs que S. Koritnig [1] a fait des observations analogues, c'est-à-dire qu'il a constaté, au cours de l'altération d'une roche éruptive, la disparition de la presque totalité de cet élément.

Une seconde série de prélèvements a été effectuée à Ampandrandava dans une carrière ouverte au-dessus de la veine de mica. La comparaison de la phlogopite initiale et des fragments d'aspect micacé au contact de la couche terreuse ont permis d'établir que la transformation aboutissait, cette fois, à une vermiculite. Les analyses ont conduit à calculer les formules structurales suivantes :

Phlogopite...... $[(Si_{2,75}Al_{1,25})(Al, Fe^{+++})_{0,28}\ (Fe, Mg)_{2,59}]O_{11}(K, Na)_{0,87}(Ca, Mg)_{0,17}$

Vermiculite [2]... $[(Si_{2,73}Al_{1,27})(Al, Fe^{+++})_{0,46}\ (Mg)_{2,31}]O_{11}(K, Na)_{0,08}(Ca, Mg)_{0,59}$

On constate que la composition chimique des deux feuillets est assez voisine, contrairement à ce qui se produit à Isoanal. Cette constance est confirmée par les teneurs en fluor qui sont respectivement de 1,85 et 1,50.

Une étude analogue à celle-ci avait été effectuée en Écosse, par G. F. Walker [3] et D. M. C. Mac Ewan [4]. Ces auteurs avaient constaté que, dans tous les cas, dans les sols bien drainés, une biotite se transformait en vermiculite. En sol mal drainé, le mica d'une roche très basique évolue en montmorillonite alors que dans les mêmes conditions, on trouve encore une vermiculite si le minéral initial appartenait à une roche acide. Or, dans les conditions de nos observations, le drainage était également bon.

A Ampandrandava, sous une couche de sol en milieu basique, la phlogopite évolue comme en Écosse, en donnant une vermiculite.

Par contre, à Isoanal en milieu également basique, le mica est directement soumis à des alternatives d'humectation et de dessiccation et les constituants alcalins et alcalino-terreux sont entraînés ainsi qu'il ressort de l'analyse. On constate alors qu'il s'agit d'un processus différent de celui qui intervient dans les sols d'Écosse, et l'on trouve finalement d'autres minéraux, c'est-à-dire de la montmorillonite et du kaolin. Soulignons enfin la rapidité du processus qui, en dix ans, a transformé une fraction importante du matériel initial.

---

(1) *Geochemica et Cosmochemica Acta*, **1**, 1951, p. 89-116.

(2) Comme dans la vermiculite une partie du calcium et du magnésium est certainement à l'état échangeable, nous avons figuré comme extérieur au feuillet tous les éléments excédant six charges positives. Pour faciliter la comparaison, nous avons utilisé la même figuration pour le mica.

(3) *Miner. Mag.*, **29**, 1950, p. 72.

(4) *Titles and Abstracts* (18e *International Geol. Congress*, Londres, 1948, p. 128).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques particularités cytologiques du* Janczewskia verrucæformis *Solms-Laub., parasite du* Laurencia obtusa (*Huds.*) *Lamour.* Note de M. **Jean Feldmann** et M[me] **Geneviève Feldmann**, présentée par M. Roger Heim.

Les cellules externes du *Janczewskia verrucæformis*, parasite exclusif du *Laurencia obtusa*, renferment toutes un « corps en cerise » identique à celui qui existe dans les cellules de son hôte. Elles présentent en outre une excrétion, à travers la membrane, de fines gouttelettes lipoïdiques qui s'accumulent sous la cuticule à la manière de certaines essences.

Le *Janczewskia verrucæformis* Solms-Laub. est une Rhodophycée parasite, exclusivement localisée sur le *Laurencia obtusa* (Huds.) Lamour. dans la Méditerranée, assez fréquente en profondeur aux environs de Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales). Elle forme, sur les rameaux de son hôte, des masses irrégulièrement mamelonnées renfermant les organes reproducteurs sexués ou asexués qui présentent la même structure et la même disposition que ceux de la plante-hôte.

Au point de vue cytologique, les cellules du *Janczewskia*, plus petites que celles du *Laurencia*, se distinguent essentiellement par l'absence de rhodoplastes pigmentés, les cellules ne renferment que des plastes incolores et filamenteux ayant l'aspect de gros chondriocontes. Les vacuoles de ces cellules renferment, en solution, un pigment jaune semblable à celui qui existe chez le *Laurencia*.

De plus, on constate à l'examen vital que toutes les cellules externes du *Janczewskia* renferment une inclusion réfringente particulière, tout à fait comparable par sa morphologie et ses réactions microchimiques aux « corps en cerise » que nous avons précédemment étudiés chez le *Laurencia obtusa* [1]. Cette grande analogie de structure cytologique entre les cellules du parasite et celles de l'hôte, jointe à la presque identité de la structure des organes reproducteurs, mérite d'être soulignée.

Les cellules externes du *Janczewskia* présentent, en outre, des caractères cytologiques particuliers. Les cellules externes constituant les parois des cystocarpes présentent une membrane externe très épaisse, bombée, formant une papille plus ou moins développée qui, examinée sur le vivant, paraît recouverte, sous la cuticule, de nombreuses petites granulations arrondies et réfringentes. Ces granulations ne se colorent ni par l'iode, ni par le rouge de ruthénium, mais, par contre, réduisent l'acide osmique et se colorent avec intensité en bleu par le réactif de Smith-Dietrich et le

---

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1335.

bleu B. Z. L. qui les colorent de la même manière que le contenu des « corps en cerise ».

L'examen en coupe optique, après coloration au bleu B. Z. L., montre que ces granulations lipoïdiques, incluses dans la membrane, s'accumulent d'abord dans la partie interne de celle-ci, tout contre le cytoplasme, puis se dirigent vers la partie externe en laissant souvent, comme trace de leur passage, une fine striation représentant les fins canalicules par où ces gouttelettes se sont frayé une voie dans la membrane. Ces canalicules ne sont d'ailleurs pas préformés ils résultent simplement du passage des gouttelettes qui s'accumulent finalement dans la partie externe de la membrane, immédiatement au-dessous de la cuticule qu'elles ne semblent pas traverser. Cette excrétion, à travers la membrane, des gouttelettes lipoïdiques, paraît s'accomplir d'une manière plus ou moins rythmique, car il est fréquent d'observer des cercles concentriques de gouttelettes en voie de migration vers la partie externe de la membrane.

Par leurs réactions microchimiques, ces gouttelettes incluses dans la membrane rappellent tout à fait le contenu des « corps en cerise » et il est possible qu'elles proviennent d'une excrétion du contenu de ceux-ci. Quant à leur nature chimique exacte, bien que présentant les caractères généraux des gouttelettes lipidiques, il n'est pas possible d'affirmer qu'elles sont constituées par de véritables lipides plutôt que par d'autres substances lipoïdes hydrophobes telles que des essences ou des hydrocarbures. L'excrétion de ces gouttelettes à travers la membrane semble bien montrer qu'elles ne sont pas constituées par des lipides proprement dits, substances de réserve utilisées et non excrétées par la plante; leur mode d'excrétion peut, au contraire, être rapproché de celui de certaines essences.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La teneur en carotène des tourteaux de palme.* Note de MM. **Pierre Cuvier** et **Maurice Servant**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'huile extraite des tourteaux frais du palmier à huile, au moyen de solvants, présente une teneur élevée en carotène, qui peut atteindre cinq fois celle de l'huile obtenue par pression des fruits.

On sait que le fruit du palmier à huile (*Elaeis Guineensis*, Jacq.) est une drupe, dont la pulpe fournit l'huile de palme. La caractéristique la plus remarquable de cette huile est la présence, dans sa partie insaponifiable, d'une forte proportion de caroténoïdes, particulièrement de carotène (constitué par 60 à 70 % de β-carotène, pour 30 à 40 % d'α-carotène, à côté de l'isomère γ). Ce carotène existe dans l'huile de palme à des teneurs dépendant de la variété du palmier, du climat, de l'insolation,

du mode d'obtention de l'huile, etc. Ces teneurs sont généralement de l'ordre de 1 ‰, mais peuvent descendre au-dessous de 0,3 ‰ ou s'élever au-dessus de 2 ‰.

Industriellement, l'huile de palme est obtenue, en général, par expression des fruits, convenablement traités, au moyen de presses hydrauliques. Le tourteau, après séparation des noix de palmiste, constitue ce que l'on appelle les « fibres de palme ». Ce sont ces fibres dont nous avons récupéré l'huile qu'elles retiennent encore, et qui représente environ 10 % de leur poids de matière sèche.

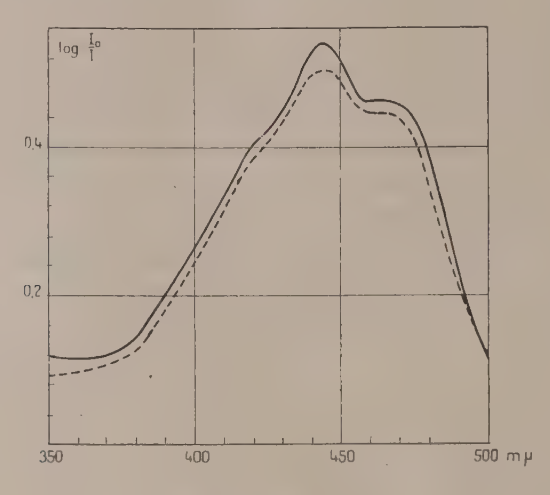
Si l'on épuise ces fibres fraîches à l'aide d'un solvant (acétone, éther de pétrole, chloroforme, etc.), on constate, après élimination du solvant, que l'huile récupérée est plus colorée que l'huile de palme de pression correspondant aux fibres étudiées. L'examen au spectrophotomètre manifeste que la teneur en carotène de l'huile d'épuisement est notablement supérieure à celle de l'huile de pression. Naturellement, cette teneur dépend, entre autres facteurs, de la quantité d'huile résiduelle du tourteau, c'est-à-dire de l'efficacité du pressage. Il est bien évident que plus il reste d'huile dans le tourteau, plus l'huile extraite aura une teneur en carotène faible, se rapprochant de celle de l'huile de pression. Voici d'ailleurs les résultats auxquels nous sommes arrivés avec des fibres d'origines différentes, expédiées par avion des territoires africains et traitées environ deux semaines après leur séparation.

	Teneurs en carotène (‰).	
Origine des fibres.	Huile de pression.	Huile d'extraction.
Grand-Drewin (Côte-d'Ivoire), n° 1.......	1,15	5,6
» » n° 2.......	1,15	5,9
Dabou »	0,67	2,8
Pobé (*) (Dahomey)......................	1,15	2,0
La Dibamba (*) (Cameroun)...............	1,13	2,35

(*) Fibres anormalement riches en huile.

Cette différence entre huile d'extraction des fibres et huile de pression peut s'expliquer par le fait que l'épiderme des fruits est beaucoup plus pigmenté que la pulpe elle-même, peut-être par suite de l'action de la lumière. Lors du pressage, l'huile de la pulpe s'écoule sans entraîner le pigment de cet épiderme. En reprenant la fibre par un solvant, le pigment est dissous en même temps que l'huile résiduelle; après élimination du solvant, il se retrouve dans l'huile qui devient ainsi particulièrement riche en carotène. On peut, au reste, penser à quelque processus de rétention de ce pigment.

Notre première explication se trouve en accord avec l'expérience suivante : des fruits de palme frais sont épluchés, de façon à séparer les épidermes; ceux-ci sont sommairement dégraissés à l'aide d'éther de pétrole après que leur taux d'humidité a été réduit aux environs de 10 %, par passage à l'étuve à vide vers 50°. L'huile recueillie après élimination du solvant titre 1,67 ‰ de carotène. Enfin, les épidermes dégraissés sont broyés avec du sable sec et repris à nouveau par l'éther de pétrole. L'huile que l'on obtient alors titre 4,80 ‰ de carotène. D'autre part, l'huile de pression obtenue à partir de fruits identiques à ceux qui ont été traités ne titrait que 0,80 ‰. En somme, la teneur en carotène de l'huile de premier épuisement des épidermes est égale à deux fois celle de l'huile de pression, et celle de l'huile du dernier épuisement à six fois.



Spectres d'absorption dans l'éther de pétrole.
——————— Huile de pression.
- - - - - - Huile d'extraction des épidermes.

Le graphique montre les spectres d'absorption comparés de l'huile de pression et de l'huile d'extraction; ils permettent de conclure à l'identité des pigments dans ces deux huiles. Cette identité se trouve confirmée par la chromatographie sur alumine Brockmann de l'insaponifiable de l'huile tirée des épidermes, parallèlement à celui de l'huile de pression. Les différentes zones qui se séparent après élution sont identiques dans les deux cas.

Il est donc évident que certaines parties du fruit de l'*Elaeis Guineensis*, que l'on retrouve dans le tourteau fibreux après expression de l'huile de palme, présentent une concentration en carotène bien supérieure à celle de la pulpe.

AGRONOMIE. — *Nouvelle méthode d'expérimentation au champ.* Note (*) de M. **André Hamy**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous proposons une nouvelle méthode d'expérimentation, applicable à tous les sols, dont le principe consiste à déterminer les résultats de différents traitements sur un même terrain, en éliminant les difficultés inhérentes aux variations du sol.

Pour comparer deux formules de fumure, on dispose deux parcelles longues et contiguës, sans séparation, sur lesquelles sont appliquées ces deux formules. On récolte dans chaque parcelle des bandes étroites et longues, parallèles à leur limite. On trace le graphique du poids de la récolte à l'hectare en fonction de la position des bandes sur le terrain; les graphiques correspondant aux deux parcelles coupent la ligne de séparation, chacun en un point, qui indique la valeur de la récolte *sur le même terrain* situé à la limite des deux parcelles.

Pour un terrain homogène, les graphiques seront des droites horizontales; si l'on répète le dispositif à côté des deux premières parcelles, la ligne qui joindra les graphiques des parcelles correspondant à la même formule sera parallèle au graphique de l'autre formule. Ce parallélisme existera encore pratiquement pour des sols qui varient assez lentement pour une distance restreinte; de même, lorsqu'on compare des doses d'engrais, même s'il y a divergence pour une forte action de l'engrais, les graphiques doivent tendre vers une parallèle lorsque l'action diminue. On pourra donc généralement comparer quatre formules A, B, C, D sur le terrain situé au milieu du dispositif si l'on emploie des bandes assez longues, pour obtenir une homogénéisation suffisante du terrain.

D'autres dispositifs peuvent être utilisés :

Au lieu d'avoir des bandes de 60 m de long par exemple, on pourra semer des bandes de 15 m répétées quatre fois sur différentes parties du terrain. On aura le schéma :

A	B	C	D	A	B	C	D
D	C	B	A	D	C	B	A

Les résultats seront groupés de façon à réaliser en fait des bandes de 60 m :

A	B	C	D
A	B	C	D
A	B	C	D
A	B	C	D

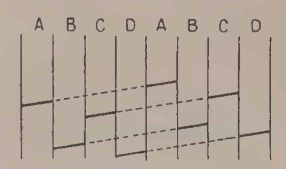
Dans le cas des céréales, les récoltes des bandes correspondantes seront réunies et battues ensemble.

(*) Séance du 19 novembre 1951.

On peut encore adopter le procédé suivant :

Tracer les graphiques et observer s'il y a parallélisme entre eux; dans ce cas le rendement de chaque formule s'obtiendra en additionnant les ordonnées correspondant à chaque bande et en divisant par le nombre des bandes.

Si l'on veut comparer plus de quatre formules, on fera, deux séries de quatre, en introduisant dans l'une d'elles une formule contenue dans la première, répétée trois fois. On tracera le graphique correspondant à cette formule et l'on cherchera dans la première série la valeur correspondante ; on pourra alors superposer les graphiques et obtenir la comparaison de sept formules. Toutefois il faut remarquer que les deux points communs ne correspondent pas nécessairement à deux terrains identiques, mais à deux terrains donnant seulement des rendements égaux; la comparaison ne peut être légitime que si dans la deuxième série, les graphiques sont pratiquement parallèles, c'est-à-dire si l'effet est indépendant de la variation du terrain et si les terrains des deux séries ne diffèrent pas trop, ce qu'indiquera la formule commune.



Si les graphiques ne sont pas parallèles, la comparaison ne pourra se faire que sur le terrain commun D + A situé au centre du dispositif et encore à la condition que les lignes soient assez tendues pour être tracées sans ambiguïté.

Cette méthode nous a permis d'obtenir des résultats significatifs de 8 % sur un sol qui présentait des variations de rendement de 30 % à 15 m de distance; des sondages ont montré qu'entre ces points la profondeur du sol passait de 20 à 60 cm (orge).

Sur un autre terrain où l'on enregistrait aussi des variations de profondeur et où la proportion de cailloux croissait dans une direction. On a orienté les bandes parallèlement à cette direction; nous avons alors obtenu des graphiques peu inclinés, qui nous ont permis d'obtenir des résultats significatifs allant jusqu'à 5 % (blé de printemps).

Sur un sol variant très rapidement (rendement passant du simple au double à une distance de 5 m) nous avons obtenu un graphique suffisamment continu pour mettre en évidence l'action de l'azote sur une culture d'œillette.

Cette méthode a été étendue à la grande culture, en récoltant des bandes de blé de la largeur de la barre de coupe de la moissonneuse-batteuse; nous avons pu ainsi établir qu'un blé venant après une avoine sur défriche de luzerne, avait profité de l'engrais azoté (augmentation de 8 %) bien que les deux parcelles, prises chacune en bloc, aient donné le même rendement.

BOTANIQUE AGRICOLE. — *L'introduction et l'expansion de graminées fourragères xérophiles dans les pâturages et les prairies du Maroc.* Note de M. **Émile Miège**, transmise par M. Auguste Chevalier.

En vue de pallier les graves effets des disettes saisonnières provoquées par la sécheresse estivo-automnale qui sévit régulièrement au Maroc, de mai à novembre, nous y avons introduit, dès 1921, de nombreuses espèces fourragères xérophiles, originaires de pays arides, en étudiant leur développement dans les diverses régions, leur morphologie externe et interne, leur composition chimique et leur appétence (1). Ces travaux sont d'ailleurs continués par nos successeurs.

Nous avons suivi ensuite, et jusqu'à ce jour, le comportement de celles qui avaient résisté aux conditions sévères du climat marocain et particulièrement des graminées, que nous citerons seules dans cette Note.

Les plus intéressantes sont divers *Pennisetum* = (napiers-grass), *P. purpureum*-Shum, *P. merkeri* Lecke, originaires de l'Afrique tropicale et australe, et déjà étudiés en Algérie par le Dr Trabut. Ce sont toutes des plantes vivaces, vigoureuses, ressemblant au maïs, douées d'un fort tallage et donnant plusieurs coupes annuelles et un rendement élevé. Toutefois, elles ne mûrissent pas leurs graines au Maroc et doivent être multipliées par bouturage ou par éclats de touffes.

Par contre, le *Pennisetum clandestinum* Pelger (Kikuyu grass), originaire de l'Afrique orientale anglaise, est également vivace, mais rhizomateux et traçant; il constitue des prairies de fauche ou de pâturage, dont plusieurs étaient déjà créées, sur plusieurs dizaines d'hectares chacune, dans diverses régions du pays, il y a 15 ans; lui aussi, ne peut être reproduit que par multiplication végétative. Le *Pennisetum macrourum*, originaire d'Asie et d'Australie, mais qui nous est parvenu d'Argentine, est également vivace et rhizomateux, assez ligneux et grossier, mais particulièrement xérophile; il peut être multiplié par éclats de touffes, repiquage des stolons ou par semis. Le *Pennisetum villosum* R—Br (ou *P. longistylum* Hochts), originaire d'Abyssinie, forme des touffes serrées, vivaces, portant des inflorescences plumeuses caractéristiques; il s'accommode de tous les terrains et résiste à la sécheresse sous le climat littoral, où il fructifie abondamment. Enfin, *Pennisetum orientale* Rich, est autochtone, vivace, possède de puissants rhizomes et reste vert tout l'été, préférant toutefois les terrains frais et fertiles, il résiste jusqu'à — 5° C, et se multiplie par semis. En dehors de ce groupe, *Chloris gayana* Kunth (Rhodes grass), importé d'Afrique du Sud,

(1) É. Miège, *Les plantes fourragères au Maroc*, Casablanca, 1934, 1 volume de 230 pages, nombreuses figures.

mais spontané au Maroc (comme au Sénégal, en Abyssinie, etc.) est vivace, stolonifère et rampant; il peut constituer des prairies de fauche ou de pâturage; il réussit parfaitement au bord même de la mer et graine abondamment; il résiste à la sécheresse lorsqu'il est bien enraciné (à la deuxième année).

La *Tricholène rose* (*Tricholæna rosea* Ness), également spontanée au Maroc, dans les régions chaudes et sèches, est vivace, cespiteuse et fleurit abondamment; elle reste verte toute l'année, mais craint le froid, ce qui limite son aire d'expansion; elle est peu productive. Plusieurs *Paspalum* ont donné d'excellents résultats, surtout en terrains humides ou irrigués : *P. dilatatum* Poir (Dallis grass), originaire d'Argentine et naturalisé dans le Sud des États-Unis, est luxuriant dans les lieux frais, mais son fourrage est assez médiocre; il graine facilement au Maroc.

Paspalum compressum Raspail (Carpet grass) nous a été adressé aussi sous la dénomination d'*Axonopus compressus* Sch. et, bien qu'originaire des Indes, est répandu dans le Sud des États-Unis, au Mexique, en Argentine, Australie, etc.; c'est une plante vivace, stolonifère, basse, qui n'a pas résisté aux étés prolongés du Maroc, pas plus qu'aux abaissements de température.

Les *Panicum* se sont montrés également intéressants : *P. antidotale* R. Br. peut atteindre 1,50 m de hauteur en lieux frais, mais il craint le froid et ne se développe pas en hiver, même sur le littoral. On le multiplie par bouturage et par semis. *P. muticum* (Para grass) est vivace, très vigoureux, mais aime l'eau et la chaleur. *P. prolutum* F., originaire d'Australie comme les précédents, est vivace, dressé et grêle; il résiste bien à la sécheresse, passablement aux froids et au piétinement. *P. bulbosum* H B K (Texas grass), spontané au Texas et au Mexique, a donné de bons résultats en Australie et en Amérique centrale; vivace, il résiste bien à la sécheresse, grâce à un puissant système radiculaire et à ses bulbes, mais est très sensible au froid (0° C); il peut être multiplié par semis. *Setaria nigrirostris* Th. Dur. et Schurtz, originaire du Transvaal, où elle est considérée comme envahissante; depuis 1923, où nous l'avons introduite, elle s'est montrée assez résistante à la sécheresse, mais pas au froid; elle s'empare rapidement du terrain quel qu'il soit et émet de nombreux rejets; elle graine difficilement au Maroc.

L'une de nos meilleures acquisitions a été *Eragrostis curvula* Nees, originaire d'Amérique; très résistant à la sécheresse, grainant abondamment, donnant un fourrage fin et abondant, de pâture ou de fauche, il pousse même à l'ombre; toutefois, il craint les basses températures.

La diffusion de ces diverses espèces en grande culture a été difficile et ralentie jusqu'à ce qu'un de nos anciens collaborateurs, M. Robert Giscard,

installé comme agriculteur près de Rabat, se soit consacré à leur multiplication et à la production de leurs boutures et de leurs semences. Depuis, leur expansion s'est accélérée au Maroc et en Afrique du Nord, non seulement pour la création de prairies, mais aussi pour la fixation des terres par le Service de la Restauration des Sols. M. le Professeur Aug. Chevalier a pu visiter récemment la collection et les parcelles de multiplication de M. Robert Giscard et, en outre, retrouver dans diverses régions du pays, des spécimens de ces graminées exotiques xérophiles, évadées des cultures et en voie de naturalisation.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Morphologie comparée des arcs hémaux abdominaux des Téléostéens symétriques et dyssymétriques.* Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les arcs hémaux du rachis abdominal des Téléostéens se présentent invariablement dans l'ordre cranio-caudal suivant : 1° pas d'arc; 2° arcs ouverts (*fig.* 1 et 2); 3° arcs fermés par un pont apophysaire long (*fig.* 3); 4° arcs fermés par un pont court (*fig.* 4); 5° arcs fermés par la coossification distale des *hémitoxes* (¹), d'où résulte la formation d'une hémacanthe plus ou moins courte (*fig.* 5). A noter que, d'ordinaire, eu égard aux arcs en question, tous les états possibles des vertèbres ne se rencontrent pas chez un même individu. D'une façon générale et dans toute la mesure où l'on peut distinguer, chez un adulte, une crête centrique d'un hémitoxe rudimentaire, le nombre des vertèbres privées d'arc hémal est rarement nul et toujours très inférieur à celui des vertèbres pourvues de cet arc.

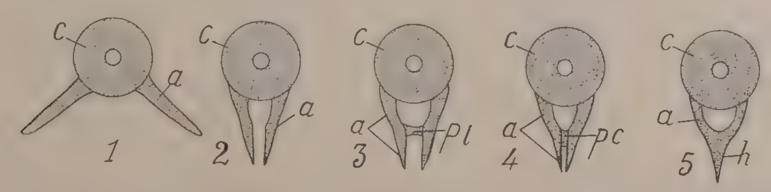


Fig. 1 à 5. — Schémas, en vue axiale et abstraction faite de l'arc neural, des vertèbres abdominales pourvues d'un arc hémal. *a*, arc hémal; *c*, centrum; *h*, hémacanthe; *pl*, pont long; *pc*, pont court.

Dans les formes symétriques, quel que soit le nombre des vertèbres abdominales (²), celui des arcs fermés ne semble jamais supérieur à 3; la longueur du pont est très variable et je n'ai jamais constaté la formation d'une hémacanthe, si courte soit-elle.

(¹) Parapophyses (terme impropre), processus arcuaux, processus tranverses (Emelianov, *Zool. Jahrb.*, *Anat.*, 60, 1935, p. 133-262). Je propose *hémitoxes* (ἡμι, demi; τόξον, arc).

(²) Dans la suite de ce texte, les vertèbres abdominales sont désignées par la lettre *a*, précédant immédiatement l'indication de leur nombre.

L'ordre dyssymétrique des *Pleuronectiformes* (*Heterosomata*) se subdivise en deux séries parallèles, qu'aucune dénomination spéciale ne désigne dans la nomenclature : les monomorphochiasmatiques et les dimorphochiasmatiques [3]. La formule du rachis abdominal des 12 familles ou sous-familles dont se compose la série monomorphochiasmatique peut se résumer de la façon suivante : *Scophthalminæ*, *Pleuronectinæ* et *Rhombosoleidæ* (*a* 10-16), tous les arcs sont ouverts; *Citharidæ*, *Paralichthyidæ*, *Chascanopsettinæ*, *Paralichthodinæ*, *Samaridæ* (*a* 10, 16 ou 17), à la dernière ou aux 2 ou 3 dernières vertèbres, l'arc est fermé par un pont transversal; *Brachypleurinæ*, *Bothinæ*, *Pœcilopsettidæ* (*a* 9-10), aux 3, 4 ou 5 dernières vertèbres, l'arc forme une hémacanthe.

La série dimorphochiasmatique ne comprend que 5 familles ou sous-familles : *Psettodidæ* (*a* 10), l'arc des vertèbres 9 et 10 est fermé par un pont court; *Achiridæ* et *Soleidæ* (*a* 8 à 11), 1 ou 2 arcs ouverts, tous les autres forment une hémacanthe. *Cynoglossinæ* (*a* 9), les 3 premières vertèbres sans arc, l'arc des 6 dernières est fermé par un pont long; *Symphurinæ* (*a* 9), même formule que celle des *Cynoglossinæ*, mais tous les arcs forment une hémacanthe.

Le genre *Austroglossus* (2 espèces) fait exception au sein de la famille des *Soleidæ* : les arcs sont fermés par un pont long, traversant le rein, comme chez tous les *Cynoglossidæ Cynoglossinæ* [4].

En résumé, inexistante ou extrêmement rare dans les formes symétriques, l'hémacanthe abdominale n'apparaît, chez les *Pleuronectiformes* monomorphochiasmatiques, que dans 3 groupes (*Brachypleurinæ*, *Bothinæ* et *Pœcilopsettidæ*), où elle n'appartient qu'à un petit nombre de vertèbres; dans la série dimorphochiasmatique, seuls les *Psettodidæ* et les *Cynoglossinæ* en sont privés, tandis que, chez les *Achiridæ*, les *Soleidæ* (excepté *Austroglossus*) et les *Symphurinæ*, ce mode de fermeture devient le propre de tous les arcs fermés, ceux-ci appartenant à des vertèbres en nombre égal ou supérieur à la moitié du total.

La coossification distale des hémitoxes (hémacanthe) ne peut résulter de la compression bilatérale du corps, puisque, chez nombre de formes symétriques fortement comprimées (*Chætodontidæ*, etc.), tous les arcs sont ouverts, sinon, leur fermeture est réalisée par un pont transversal.

A titre de déterminant de l'écartement distal des hémitoxes (arc ouvert ou fermé par un pont long), le rein semble devoir être mis en cause, mais non la masse viscérale, invoquée à ce sujet par divers auteurs. En effet, tandis que, traversé par le pont apophysaire des 6 arcs hémaux, le rein

---

(3) Chabanaud, *Bull. Inst. Océan.*, 950, 1949, Id., *Bull. Mus. Hist. nat.*, (2), **22**, 1950, p. 338.

(4) Chabanaud, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1021.

des *Cynoglossinæ* s'interpose entre les hémitoxes, celui des *Symphurinæ* est tenu à distance des centra par les 6 arcs hémaux qui, tous, forment une hémacanthe. Pareille différence ne peut résulter que d'un décalage du stade ontogénétique auquel, par rapport au développement du rachis, s'achève celui de l'organe excréteur : chez les *Cynoglossinæ*, ainsi que chez les *Soleidæ* du genre *Austroglossus*, le développement du mésonéphros serait terminé avant la mise en place des arcs hémaux et la construction de leur pont apophysaire, tandis que c'est le contraire qui se produirait, non seulement chez les *Symphurinæ*, mais encore chez les *Achiridæ* et les *Soleidæ*, excepté *Austroglossus*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparée de l'accoutumance de* Escherichia Coli *à la chloromycétine et à la dl-sérine.* Note de M. **Darius Molho** et Mme **Lucie Molho-Lacroix**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

S'il n'y a pas d'analogie entre la chloromycétine et la *d*-sérine quant à leur mode d'action vis-à-vis du métabolisme de l'acide pantothénique, l'analogie est plus évidente quant aux phénomènes d'accoutumance; la chloromycétine comme la sérine apparaissent en effet comme des inhibiteurs d'adaptation et la sérine est même capable d'annuler la résistance acquise à la chloromycétine.

Mentzer et coll. (1) ont signalé une certaine analogie de comportement de *E. Coli* vis-à-vis de la chloromycétine et de la *dl*-sérine, ce qui plaidait en faveur du rattachement de la chloromycétine à la série de la *d*-sérine. Ultérieurement, Mass et Davis (2) ont montré que la *d*-sérine agissait en retardant la conversion de la β-alanine en acide pantothénique. Pour vérifier l'hypothèse de Mentzer et coll. (1), nous avons recherché l'influence de la β-alanine et de l'acide pantothénique vis-à-vis de l'inhibition de *E. Coli* par la chloromycétine. N'ayant trouvé d'antagonisme dans aucun des deux cas, nous sommes obligés de conclure que la chloromycétine n'interfère pas avec le métabolisme de l'acide pantothénique. Cependant, l'analogie structurale entre chloromycétine et *d*-sérine est plus évidente si l'on envisage le phénomène de l'accoutumance de *E. Coli* à ces inhibiteurs. Il est curieux de constater qu'après un seul passage sur des doses inhibitrices de chloromycétine ou de *dl*-sérine, *E. Coli* est accoutumé aux deux substances, alors que, dans les mêmes conditions (un seul passage), on ne note pas d'accoutumance à la tyrothricine, à l'auréomycine, aux sulfamides, à la pénicilline ou à la streptomycine. Les tableaux I et II réunissent nos résultats expérimentaux (3).

---

(1) C. Mentzer, P. Meunier, L. Molho-Lacroix et D. Billet, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **32**, 1950, p. 55.

(2) *J. Bacter.*, 60, 1950, p. 733.

(3) La technique des essais a déjà été décrite (4); une seule modification : les cultures sont faites en tubes à essais et non dans les cuves Raoul.

Tableau I.

Accoutumance de E. Coli (*souche Monod*) *après un passage sur chloromycétine* 2.10^{-6}, *sérine* 4.10^{-4} *ou le mélange des deux.*

Cellules mères.

Sur	50 % crois. en h.	Δ (**) en h.
Témoin$_{145}$ (*).....	8,30	0
Chloro$_{65}$..........	17,30	9
Sérine$_{100}$..........	18	9,30
Chloro + sérine$_{70}$.	18	9,30

Cellules accout. à chloro.

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
Témoin$_{150}$........	12,15	0
Chloro$_{145}$.........	15,45	3,30
Sérine$_{130}$.........	28,30	16,15
Chloro + sérine$_{90}$.	28	15,45

Cellules accout. à sérine.

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
Témoin$_{140}$........	9	0
Chloro$_{50}$..........	18	9
Sérine$_{120}$.........	13	4
Chloro + sérine$_{55}$..	19	10

Cellules en présence de chloro + sérine

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
Témoin$_{155}$........	11,45	0
Chloro$_{75}$..........	26,30	14,45
Sérine$_{130}$.........	29	17,15
Chloro + sérine$_{75}$.	30	18,15

Tableau II.

Conservation des accoutumances de E. Coli.

Cellule accout. à chloro (3 passages).

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
Témoin$_{105}$...............	11	0
Chloro$_{105}$...............	11,30	0,30

Cellule accout. à chloro (3 passages), puis cultivée sur témoin (1 passage).

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
Témoin$_{155}$...............	10,45	0
Chloro$_{130}$...............	13,30	2,45

Cellule accout. à chloro (3 passages), puis cultivée sur sérine (1 passage).

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
Témoin$_{155}$...............	10,45	0
Chloro$_{110}$...............	18,45	8
Sérine$_{135}$...............	11	0,15

Cellule accout. à sérine (3 passages).

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
Témoin$_{130}$...............	11,30	0
Sérine$_{140}$...............	11,30	0

Cellule accout. à sérine (3 passages), puis cultivée sur témoin (1 passage).

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
Témoin$_{150}$...............	9,45	0
Sérine$_{150}$...............	13,30	3,45

Cellul accout. à sérine (3 passages), puis cultivée sur chloro (1 passage).

Sur	50 % crois. en h.	Δ en h.
Témoin$_{120}$...............	15	0
Sérine$_{110}$...............	19	4
Chloro$_{55}$................	29	14

(*) En indices, l'opacité des cultures pour 50 % du taux de croissance maximum en graduations de l'électrophotomètre de P. Meunier.

(**) Δ représente le retard apporté par chacun des dérivés essayés vis-à-vis du témoin pour atteindre 50 % de croissance.

D'après le tableau I, si les cellules devenues résistantes à la sérine réagissent comme les cellules mères vis-à-vis de la chloromycétine, par contre, les cellules accoutumées à la chloromycétine sont plus vulnérables à la sérine. Notons également que, bien que *E. Coli* s'habitue facilement à chacun des deux antibiotiques pris séparément, il ne peut s'accoutumer au mélange des deux. De plus la présence simultanée des deux substances lui fait perdre la propriété de s'adapter à la chloromycétine ou à la sérine. Le fait que les deux dérivés en présence suppriment les possibilités mutuelles d'accoutumance est à opposer aux résultats que nous avons obtenus avec le mélange chloromycétine-*dl*. β_2-thiénylalanine (travail inédit) où les cellules bien qu'elles perdent leur accoutumance à la thiénylalanine par passage sur le mélange, la conservent par contre vis-à-vis de la chloromycétine. Il semble que cette faculté d'empêcher les résistances acquises aux antibiotiques réside dans l'hydroxyle thréo que possèdent la sérine et la chloromycétine alors que la thiénylalanine en est dépourvue. L'analogie structurale entre chloromycétine et *dl*-sérine se justifie donc quant à cette propriété d'empêcher l'accoutumance à un autre antibiotique du mélange. Les résultats du tableau II montrent que le passage sur témoins de cellules devenues résistantes soit à la chloromycétine, soit à la sérine par trois repiquages sur chacun des dérivés leur conserve le souvenir de l'accoutumance acquise. Par contre, si des cellules habituées à la sérine le demeurent après passage sur chloromycétine, il n'en est pas de même pour des cellules accoutumées à la chloromycétine auxquelles un passage sur sérine fait perdre toute résistance à la chloromycétine, les bacilles étant alors devenus normalement résistants à la sérine. Cette dernière apparaît donc plus active que la chloromycétine quant à la faculté d'empêcher les adaptations enzymatiques de cellules en croissance.

BACTÉRIOLOGIE. — *Induction de la lyse d'une bactérie lysogène sans production de bactériophage.* Note (*) de MM. **André Lwoff** et **Louis Siminovitch** ([1]), présentée par M. Jacques Tréfouël.

La souche lysogène 91 (1) de *Bacillus megatherium* se lyse après irradiation ultraviolette. Cette lyse ne libère pas de bactériophages. Elle est le résultat du développement abortif d'un prophage. Le développement du phage comprend donc au moins deux phases qui se trouvent artificiellement dissociées chez la souche 91 (1) irradiée.

La perte de la propriété lysogène a été observée fortuitement à plusieurs

---

([4]) D. Molho et L. Molho-Lacroix, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 32, 1950, p. 969.

(*) Séance du 19 novembre 1951.

([1]) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Cancer Institute of the National Institutes of Health* des États-Unis d'Amérique.

reprises. Il est aujourd'hui possible de « guérir » à volonté *Bacillus megatherium* de sa lysogénie grâce à des passages en série en milieu synthétique citraté (N. A. Clarke et P. B. Cowles, communication personnelle). Nous confirmons l'efficacité de cette méthode. La souche de *B. m.* 899 (1) (la parenthèse indique la lysogénie; le signe entre parenthèses correspond au symbole du phage) a été repiquée deux fois par jour en milieu synthétique additionné d'oxalate M/125 (culture agitée à 37°). Au 27ᵉ passage, la souche était guérie. Le même résultat a d'ailleurs été obtenu en l'absence d'oxalate dans un milieu additionné de Cl_2Ca M/5 000. Quoi qu'il en soit, nos souches guéries, 899 (1*d*) (*d* pour *deletum*, symbole de la perte du prophage, c'est-à-dire de la guérison), comme celles obtenues par Clarke et Cowles, ne produisent pas de phage actif sur la souche indicatrice sensible, et sont devenues elles-mêmes sensibles au phage qu'elles produisaient avant leur guérison. Nous ajouterons que l'irradiation ultraviolette qui induit la lyse de 899 (1) n'induit pas celle de 899 (1*d*), non plus que celle de nos autres souches non lysogènes.

Nous ne connaissons pas le mécanisme de la guérison. On peut se le représenter comme une diminution de la vitesse relative de multiplication des prophages qui entraînerait une diminution de leur nombre. Une bactérie lysogène qui se diviserait alors qu'elle ne renferme qu'un seul prophage donnerait naissance à une bactérie lysogène et à une bactérie guérie.

Dans une souche lysogène les mutants sensibles, produisant des phages, sont éliminés; il est évident que ce sont les bactéries qui ne permettent pas le développement du prophage en phage, c'est-à-dire les bactéries « immunes », qui sont sélectionnées. Dans une souche guérie, si le mutant sensible possède un avantage sélectif sur le mutant immun, c'est lui qui sera sélectionné.

On peut donc mettre en contact 899 (1*d*) avec le phage 1 et isoler les bactéries qui n'auront pas été lysées. La plupart de ces souches, qui seront représentées par 899 (1*d*) (1), se comportent comme la souche originale : elles sont lysogènes, l'irradiation ultraviolette induit la lyse, chacune des bactéries libère une centaine de phages.

Mais l'un des clones, 899 (1*d*) 91 (1) que nous désignerons pour simplifier par 91 (1), présente un comportement remarquable. Il est lysogène. Les filtrats de culture renferment un phage qui, comme φ_1 (φ = phage) est actif sur les souches M, 17 (2) et M (2), inactif sur les souches 899 (1) et M (1). Il est donc impossible de distinguer le phage produit par 91 (1) de φ_1. On trouve dans les cultures environ 1 phage pour 10^3 bactéries. Si chacune des bactéries libérait 100 phages, cela voudrait dire qu'une bactérie sur 10^5 environ produit spontanément des phages. Après irradiation ultraviolette de 91 (1), on observe la croissance résiduelle, puis la lyse comme chez 899 (1), après une période latente d'une durée sensi-

blement égale à celle observée pour cette souche. *Mais la lyse de* 91 (1), *contrairement à celle des souches lysogènes « normales » induites, ne libère pas de bactériophages.* La souche conserve ces caractéristiques depuis plus d'un an.

Pourquoi donc tous les germes d'une population de 91 (1) se lysent-ils après irradiation ? La lyse dépendrait-elle d'une propriété bactérienne indépendante de la présence du prophage? Guérissons 91 (1) par passages en milieu synthétique. La souche guérie non lysogène, 91 (1 *d*), ne se lyse pas après irradiation.

Si l'on n'avait pas établi une relation entre la lyse des bactéries lysogènes après irradiation et le développement du prophage en phage, si l'on ne connaissait pas l'histoire complète de cette souche 91 (1) [= 899 (1 *d*), 91 (1)] le comportement de ses ancêtres 899 (1) et 899 (1 *d*), de son descendant 91 (1 *d*) [= 899 (1 *d*), 91 (1 *d*)] et des autres souches lysogènes et non lysogènes de la même espèce, on aurait pu penser que la lyse était due à l'action « directe » du rayonnement ultraviolet. En possession de ces données, nous devons conclure que l'effet lytique de l'irradiation sur cette souche est la conséquence d'une induction du développement du prophage. Mais ce développement n'aboutit pas à des corpuscules infectieux. L'irradiation est responsable du déclenchement d'un développement abortif qui entraîne cependant la lyse bactérienne.

Dans une population de bactéries 91 (1), une faible proportion de germes seulement (10^{-5}) est capable de conduire spontanément le développement du prophage à son terme; cette proportion n'est pas modifiée par l'irradiation. Le développement du prophage en phage comprend donc au moins deux phases qui se trouvent artificiellement dissociées dans la souche 91 (1) irradiée.

Des lignées de bactéries peuvent ainsi perpétuer héréditairement un provirus. Celui-ci peut, dans les conditions que nous venons de décrire, exercer une action létale sans qu'apparaisse la forme parfaite infectieuse. Seule la connaissance des antécédents pathologiques de la bactérie, la notion que nous avons d'une infection antérieure, aussi lointaine soit-elle, permet aujourd'hui d'attribuer la mort de la bactérie 91 (1) après irradiation au développement abortif d'un virus qui ne peut donner lui-même la preuve de ses origines et de ses potentialités.

A 16 h 20 mn l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Botanique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Joseph Magrou* :

En première ligne............	M. **Henri Humbert**
En seconde ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*	MM. **Marius Chadefaud** **Pierre Chouard** **André Guillaumin** **Georges Mangenot** **Lucien Plantefol**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17 h 45 mn.

L. B.